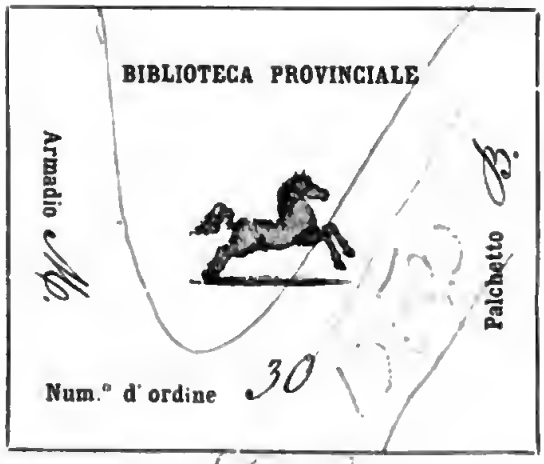
NAZIONALE
B. Prov.
XII
386
NAPOLI
BIBLIOTECA
VITT. EM III



Digitized by Google

B. Prov.
XII
386

94
4
28

Digitized by Google

ESSAI

SUR LA DISPOSITION

DES

GRANDS CHANTIERS

DE TERRASSEMENT.

BIBLIOTECA PROVINCIALE di NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google

644443

ESSAI

SUR LA DISPOSITION

DES

GRANDS CHANTIERS

DE TERRASSEMENT,

OUVRAGE CONTENANT UN GRAND NOMBRE D'OBSERVATIONS

FAITES DANS LES TRAVAUX DES ROUTES ET CHEMINS DE FER EXÉCUTÉS RECEMMENT EN ANGLETERRE ET EN FRANCE;

Par CARL ETZEL, ingénieur.

ÉDITION BELGE,

AUGMENTÉE DE PLUSIEURS PLANCHES ET NOTICES,

PAR UN INGÉNIEUR EN CHEF DU CHEMIN DE FER.

TEXTE.

Liége,

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE

DE A. LEROUX ET COMP.,

PASSAGE LEMONNIER, N° 1.

BRUXELLES,

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE,

RUE DE LA MADELEINE, N° 9.

MONS,

GAND, NAMUR ET ANVERS,

LEROUX, LIBRAIRE.

1839

Digitized by Google

Digitized by Google

AVANT-PROPOS.

Les feuilles suivantes, accompagnées de vingt-six planches gravées, contiennent, ainsi que l'indique leur titre, une suite de notices sur la disposition des grands chantiers de terrassement sur les différents chemins de fer exécutés récemment en Angleterre et en France; notamment sur les chemins de fer de Londres à Birmingham, à Bristol et à Southampton, de Paris à Saint-Germain et à Versailles.

Nous avions recueilli ces renseignements dans l'intention de nous en servir pour des études dont nous étions chargé; mais quelques-uns de nos amis ayant pensé qu'ils pouvaient présenter quelque intérêt, nous en avons fait l'objet de cette publication; elle a pour but de les mettre à la disposition de ceux de nos collègues qui se trouvent en position d'y puiser quelques données utiles. Comme nous ne prétendons établir dans ces feuilles aucun

Digitized by Google

système général, nous nous sommes borné à un simple récit de ce que nous avons vu, en résumant toutefois les observations comparatives faites sur plusieurs chantiers en un seul exemple, afin de ne pas donner à notre travail une extension inutile.

Nous aurions vivement désiré être à même de fournir des données précises sur l'économie des différents modes d'organisation de ces travaux; mais en comparant les renseignements que nous avons pu recueillir, en Angleterre, nous avons rencontré tant de contradictions, que nous avons préféré ne rien donner, à ce sujet, dans la crainte de nous exposer à encourir des reproches sur l'exactitude de nos renseignements. D'ailleurs, l'expérience acquise sur ces procédés perfectionnés, dans l'exécution des travaux de terrassement, est encore trop incomplète, et les procédés eux-mêmes sont employés avec trop peu de discernement pour qu'il soit possible d'arriver à rien de positif.

Nous serons assez récompensé des soins que nous a coûté cette publication, si nous contribuons à répandre la connaissance de faits qui n'ont pas encore acquis la publicité que mériterait leur importance pour l'économie des travaux publics.

Digitized by Google

ESSAI

SUR LA DISPOSITION

DES

GRANDS CHANTIERS

DE TERRASSEMENT.

Le profil en long d'un chemin de fer, comme de toute voie de communication artificielle, se compose de parties au niveau du sol, d'autres parties en déblai, et d'autres enfin en remblai.

Le profil en travers d'un chemin de fer est déterminé par le nombre des voies, leur distance entre elles et la largeur nécessaire en dehors de ces voies. Ces dimensions étant à peu près les mêmes pour la plupart des chemins de fer construits jusqu'à ce jour, et étant d'ailleurs indifférentes à la question que nous étudions, nous donnons (pl. I, fig. 1 et 2) les profils en travers du chemin de Paris à Saint-Germain, et nous nous en servirons partout dans la suite de ce travail. L'inclinaison des talus a été exécutée, en général, dans les proportions indiquées dans ces deux profils, sauf quelques modifications imposées par des circonstances particulières.

Les talus en déblai sont réglés à 1 de hauteur sur 1 de base, et en remblai à 2 de hauteur sur 3 de base.

On emploie pour l'exécution des déblais et des remblais deux procédés bien distincts.

Digitized by Google

1° S'il s'agit d'exécuter un déblai, les terres qui en proviennent sont rejetées à droite et à gauche sur le sol naturel; mais s'il s'agit d'exécuter un remblai, les terres sont fournies par une fouille faite dans le sol naturel au pied du remblai, et parallèlement à l'axe du chemin de fer. (Le sol fouillé prend alors le nom d'emprunt.)

2° On dispose le tracé du chemin de fer de manière que la somme des déblais, y compris le foisonnement, soit égale à la somme des remblais; les terres extraites des parties en déblai sont transportées, en suivant le tracé du chemin de fer, de façon à former le profil des parties en remblai. Dans le premier cas, on dit que les terrassements sont exécutés par emprunts et par dépôts; dans le second, on dit qu'il y a compensation des remblais par les déblais.

Ces deux procédés ne sont par eux-mêmes ni plus ni moins réguliers l'un que l'autre; mais il y a des considérations d'économie ou d'apparence qui peuvent décider dans le choix de l'un ou de l'autre.

Les avantages que présente le premier de ces deux procédés sont qu'il permet d'attaquer les travaux à la fois sur toute l'étendue de la ligne, et par conséquent de les exécuter généralement dans un délai plus court, qu'il réduit le transport horizontal des masses de terre à un minimum, et qu'il exige généralement un matériel très-peu coûteux. Mais il a l'inconvénient d'affecter à l'exécution des travaux beaucoup plus de terrain qu'il n'en faudrait rigoureusement pour l'établissement du chemin, ou du moins d'enlever ce terrain pour plusieurs années à l'agriculture, et de présenter par cela même un aspect peu satisfaisant; enfin, d'augmenter considérablement le transport vertical et de doubler le cube des terres remuées.

Les deux avantages du second de ces deux procédés sont de faire disparaître tout à fait lo transport vertical des masses de terre, ou du moins de le réduire à la rampe définitive du chemin de fer, et de n'affecter de terrain que ce qui est indispensable pour l'établissement du chemin; mais il a l'inconvénient d'augmenter dans une proportion très-grande le transport horizontal, d'exiger un matériel très-coûteux et de reculer quelquefois bien loin l'achèvement des travaux qui ne peuvent être attaqués à la fois que sur très-peu de points.

Digitized by Google

§ I. Procédé pour l'exécution des travaux de terrassement par dépôts et emprunts.

Planche I, Figure 3. Représente la disposition générale d'une tranchée exploitée par ce procédé avec des tombereaux et des brouettes.

Si on adopte pour le transport par brouettes une pente de $0^m,125$, et si on prend 30 m. pour longueur d'un relai, la profondeur de la tranchée sera divisée parallèlement à la surface du chemin de fer en tranches de 3,75, et en longueur en parties de 30,00. Sur chacune de ces parties de 30 m. de longueur, on placera un atelier d'ouvriers qui commenceront par enlever, à partir du point *a*, le cube *a b c*. Ce cube enlevé, ils reviendront sur leurs pas pour exploiter le cube *b c d e*, qui se trouve plus bas, en ménageant, ainsi qu'il est indiqué sur la planche, des rampes dont le bord intérieur se trouvera toujours sur la surface définitive du talus, et dont la largeur, de 1,50 permettra à deux conducteurs de brouettes de s'éviter. Le cube *b c d e* enlevé, les ouvriers reviendront encore sur leurs pas pour enlever *c e f*, et ainsi de suite, jusqu'au niveau du chemin. Arrivé là, on posera les voies en fer et l'on enlèvera les rampes qui auront dû rester sur les talus de la tranchée pour le transport des différentes assises. Le cube qui en proviendra sera chargé dans des wagons et conduit le long du chemin.

Planche II, Figure 2. Représente la disposition générale pour la formation d'un remblai avec des brouettes. On forme ce remblai, ainsi qu'il est indiqué sur la planche, par une suite de rampes de 0,125, commencées en même temps à des distances de 24 m. environ, et qui, à mesure qu'elles approchent du couronnement du remblai, diminuent de largeur. En profitant de la différence entre le talus définitif du remblai, qui a 2 de hauteur sur 3 de base, et l'angle d'éboulement des terres, on obtient une distance de 1,50 environ, entre le pied d'une rampe supérieure et le bord d'une rampe inférieure qui sert au transport du cube nécessaire pour former la partie supérieure du remblai. Les rampes sont disposées de manière que leur largeur de 1,50 se trouve moitié dans le profil définitif du remblai,

Digitized by Google

moitié en dehors de ce profil, et que l'excédant de terre formant la saillie des rampes sur le talus définitif compense ce qui manque au-dessus de la moitié intérieure, lorque l'on dressera les talus, après avoir exploité toute la hauteur.

Ces deux dispositions pour l'exécution de déblais et de remblais sont généralement connues et employées depuis longtemps; elles ont l'avantage de n'exiger aucun matériel spécial; mais elles nécessitent de longs transports horizontaux presque entièrement perdus pour le résultat utile et définitif que l'on se propose; cependant, lorsque des travaux de ce genre sont exécutés sur une grande échelle, on conçoit qu'il devient avantageux de réduire le transport horizontal au minimum, et d'employer pour le transport vertical des moyens mécaniques. C'est d'après ce principe que sont combinées les différentes dispositions qui suivent et que nous avons vues en exécution sur les travaux de terrassement de plusieurs chemins de fer en Angleterre.

Planche III. Représente la disposition générale d'un de ces ateliers. On commence l'exploitation de la tranchée avec des tombereaux et des brouettes, et l'on continue ainsi tant que le transport, par ce moyen, peut s'opérer sur une rampe de 0,125, perpendiculairement à l'axe de la tranchée. On établit ensuite dans l'inclinaison du talus de la tranchée, et perpendiculairement à son axe, de distance en distance, des plans inclinés, sur lesquels le transport de la terre provenant des parties inférieures de la tranchée est continué par des chevaux.

La disposition la plus simple de ces plans inclinés est celle de la fig. 1. On établit deux voies en fortes planches posées sur la surface du talus de la tranchée à une distance de 3,00 d'axe en axe, et on les prolonge, par un petit échafaud placé sur le bord de la tranchée, jusqu'au niveau des cavaliers. Arrivées à ce niveau, les deux voies sont terminées par un plancher horizontal. Dans le prolongement de l'axe de chacune de ces deux voies on place, à une distance de 3,50 du bord du plan incliné, un poteau, qui porte à une hauteur de 3,50 au-dessus du plancher une poulie *a e* de 0,35 environ de diamètre, et dirigée perpendiculairement à l'axe de la tranchée, et sous le plancher, à 0,40 environ au-dessus du niveau du terrain, une autre poulie *b d*, de la même dimension que la première, mais dirigée paral-

lèlement à l'axe de la tranchée. Une corde ou chaîne, partant en *f* du bas de l'une des deux voies, remonte sur le plan incliné, et passe sur la poulie supérieure *a* du premier poteau; de là elle descend verticalement pour s'enrouler sur la poulie inférieure *b* du même poteau. La poulie *b* renvoie la corde parallèlement à l'axe du chemin de fer vers un nouveau poteau *c* ou *e*; elle s'enroule sur une poulie qui la renvoie vers un troisième poteau *e*, voisin du poteau *a*.

La corde rencontre là une nouvelle poulie qui la dirige verticalement vers une autre poulie placée à la partie supérieure du poteau *e*, où elle s'euroule de nouveau, après quoi elle descend verticalement, et puis atteint l'extrémité supérieure du deuxième plan incliné où elle se termine. On attache à cette extrémité de la corde une brouette vide qui doit descendre par la voie *g* jusqn'au fond de la tranchée; à l'autre extrémité, on fixe une brouette chargée, qui doit remonter par la voie *f*. Un cheval est attelé à la corde en *h*, et se promène entre les points *c* et *d* sur le bord de la tranchée, en allant, pour descendre une brouette vide, sur la voie *g*, et pour en remonter une chargée sur la voie *f*; et en revenant, pour descendre une brouette vide, sur la voie *f*; et pour en remonter une chargée, sur la voie *g*.

Les brouettes dont on se sert pour ces plans inclinés sont plus grandes que les brouettes ordinaires, et contiennent environ 0,09 de mètre cube. On les attache aux deux extremités de la corde, en passant les manches dans deux nœuds entre lesquels se trouve une petite planche qui a pour but d'empêcher le contenu de la brouette de retomber sur l'ouvrier qui monte avec elle sur le plan incliné. Un ouvrier, sur chacune des voies, est employé à attacher la brouette chargée à l'extrémité de la corde, à monter avec elle, la détacher ensuite, et en rattacher une autre vide, avec laquelle il redescend. Le poids de l'ouvrier est suspendu après la brouette, en montant comme en descendant; mais il se trouve en montant derrière la brouette et paraît la pousser; en descendant, il se trouve en avant et paraît la traîner. Comme ce service demande beaucoup d'habitude et de présence d'esprit, il y a deux ouvriers pour chaque plan incliné, qui sont exercés à le faire, et ne sont occupés qu'à cela.

Les plans inclinés (fig. 2) représentent une disposition un peu diffé-

Digitized by Google

rente, mais plus complète que celle que nous venons de décrire. Les deux voies correspondantes *i* et *k*, se trouvent à une distance l'une de l'autre égale au parcours du chariot sur le plan incliné, plus deux fois la longueur du cheval, y compris son attelage à la corde, ce qui permet d'éviter une cinquième poulie, et de donner à la corde une longueur beaucoup moins grande que dans la disposition précédente. Au lieu de simples planches, on emploie, pour former les voies, de légers rails posés selon l'inclinaison du talus sur des longrines appuyées de distance en distance sur des traverses. Au pied du plan incliné, sur le fond de la tranchée, se trouve une plaque tournante très-légère à laquelle aboutissent les voies de transport des différentes tailles. En haut du plan incliné, sur la planche, est disposé un changement de voie qui envoie les chariots chargés dans deux différentes directions sur le cavalier à former.

Les rails de terrassement employés dans ce chantier sont fabriqués exprès. Ils ont la forme double T; ils ont 0,03 de largeur sur 0,05 de hauteur. La largeur de la voie est de 0,65.

Les wagons de terrassement dont on se sert roulent sur quatre roues de 0,35 de diamètre. La caisse a 1.20 de longueur sur 1,00 de largeur, et 0,33 de profondeur; elle contient donc environ 0,4 de m. c. Ces wagons sont poussés par deux ouvriers sur le fond de la tranchée et au niveau du cavalier; sur le plan incliné, ils sont montés et descendus par deux chevaux, sans être accompagnés d'ouvriers.

Une disposition de plan incliné, semblable à celle que nous avons donnée en premier lieu, mais avec des rails et plaques tournantes, est représentée fig. 3.

Nous avons vu employer des appareils semblables pour l'exploitation de tranchées d'une profondeur variant entre 3 et 15,00. Lorsque la profondeur de la tranchée est très-considérable, on la divise en deux ou trois assises, d'une hauteur de 4 à 6 m. chaque, et l'on établit ces plans inclinés, d'abord pour l'exploitation de la première assise. Celle-ci achevée, on prolonge les voies du plan incliné jusqu'au fond de la seconde assise, ainsi qu'il est indiqué fig. 3, pl. III, où les différentes époques du travail sont figurées.

Le service sur un des plans inclinés, dont nous donnons la disposition

Digitized by Google

fig. 2, demande un ouvrier en haut et un autre en bas de chaque voie; ils sont occupés à attacher et à détacher les wagons. Ces dispositions demandent en outre deux chevaux et un conducteur pour monter et descendre les wagons. La quantité de travail qui peut être fournie dans une journée de dix heures de travail, la profondeur de la tranchée étant de 15^{m}, est, d'après une comparaison établie entre les renseignements que nous avons recueillis à ce sujet dans différents chantiers de terrassement en Angleterre, environ de 150 m. cubes.

Planche IV, Figure 1. Représente la disposition générale adoptée pour l'exécution d'un remblai, d'après les mêmes principes, mais sur une échelle plus grande. On attaque le travail sur toute la longueur du remblai avec des tombereaux et des brouettes, pour former ainsi le pied du remblai. Lorsqu'on est arrivé de cette manière à une hauteur qui ne permet plus qu'avec difficulté d'employer le matériel ordinaire, on établit un plan incliné sur lequel les masses de terre destinées à former la partie supérieure du remblai sont montées dans des wagons de terrassement par une machine à vapeur fixe. Ce plan incliné est dirigé perpendiculairement à l'axe du remblai, et situé le plus près possible des centres de gravité de ce remblai, et de l'excavation de laquelle on tire le cube à élever. Dans cet endroit, on donne au remblai sa hauteur, et à la chambre d'emprunt sa profondeur définitive, au moyen de transports à la brouette.

La disposition que l'on voit dans la planche IV, fig. 1, a été prise sur un plan incliné de ce genre, qui a servi à la formation d'un remblai de 6,00 de hauteur, et d'une assez grande longueur sur le chemin de fer de Londres à Bristol. Le cube nécessaire à la formation du remblai a été extrait d'une fouille de 9 m. de profondeur, exploitée en deux assises. Le plan incliné a été établi avec une rampe de 0,33 sur un échafaud en charpente, couvert d'un plancher portant les voies de fer sur longrines. Il atteignait ainsi la hauteur totale du remblai. Une machine à vapeur de la force de dix chevaux était placée sous l'échafaud du plan incliné, à la moitié de la profondeur de la fouille, et agissait par poulie de renvoi tantôt sur l'une, tantôt sur l'autre des deux chaînes attachées aux wagons. Les plaques tournantes en haut et en bas du plan incliné étaient en fonte, les changements de voie et les wagons de terrassement avaient les dimensions ordinaires.

Digitized by Google

Nous avons représenté dans la pl. IV, ainsi que dans toutes les suivantes, les wagons de terrassement chargés par un carré et ses deux diagonales, les wagons en chargement et en déchargement, par un carré, avec une seule diagonale, les wagons vides par un carré simple.

Le service, sur ce plan incliné, se fait de la manière suivante. Les wagons chargés du côté *i*, en bas du plan incliné, sont conduits de la voie de stationnement *a*, par le changement de voie, au point *b*. Un de ces wagons avance par la plaque tournante *c*, jusqu'au pied du plan incliné, où on l'attache à l'extrémité de la chaîne.

Les wagons vidés aux deux extrémités du remblai sont conduits en ligne droite par la voie de transport *e* jusqu'en *f*. Un de ces wagons avance par les plaques tournantes *g* et *h* jusqu'au bord du plan incliné, où on l'attache à l'autre extrémité de la chaîne.

La machine à vapeur agissant sur la chaîne, le wagon chargé monte par la voie *d*, en ligne droite jusqu'en haut, et se place sur la plaque tournante *h*, où il est détaché de la chaîne et poussé sur la voie *i*, pour être conduit de là, par le changement et la voie de transport *e*, jusqu'à l'extrémité du remblai.

En même temps, le wagon vide placé sur la plaque tournante *h* descend, par le changement de voie, du plan incliné sur la voie *k*, où il est détaché de la chaîne et conduit, à l'aide de la plaque tournante *l*, sur la voie *m*, pour être ramené de là, par la voie de transport *a*, jusqu'au point de chargement.

La manœuvre que nous venons de décrire étant terminée, l'extrémité de la chaîne, qui vient de descendre un wagon vide, se trouve en *k*, prête à recevoir un wagon chargé. Celui-ci est conduit du côté opposé II du plan incliné, où les wagons chargés et les wagons vides sont placés dans les sens inverse de la voie *n* par les plaques tournantes *o* et *l* en *k*, et monte, par le changement en *h*, au sommet du plan incliné.

Le wagon vide, descendu en même temps à l'autre extrémité de la chaîne, qui se trouve en *h*, arrive de ce point en ligne droite en *d*, d'où il est conduit par les plaques tonrnantes *c* et *p* et placé sur la voie de stationnement des wagons vides en *q*.

Le temps employé, d'un côté du plan incliné, à monter un wagon

Digitized by Google

chargé et à descendre un autre wagon vide, suffit, de l'autre côté du plan incliné, pour détacher de la chaîne les wagons qui viennent d'arriver en haut et en bas du plan, les conduire dans leurs voies de stationnement, en ramener et en attacher d'autres. Ce service alternatif sur les deux côtés du plan incliné présente de grandes difficultés, et il faut des ouvriers bien exercés et un surveillant très-actif pour éviter toute interruption dans le service.

Deux ouvriers en haut et deux autres en bas, de chaque côté du plan incliné, sont occupés à recevoir les wagons qui arrivent et à les remplacer par d'autres que l'on amène avec des chevaux uniquement destinés à faire le service entre les voies de stationnement des wagons chargés et des wagons vides, et les bords du plan incliné.

La quantité de travail qui peut être fournie par un plan incliné de cette disposition monte, d'après les renseignements que nous avons pu nous procurer sur les lieux, à 210 wagons, qui correspondent à une masse de 315 m. cubes, un wagon de terrassement contenant environ 1,50 m. cubes.

Quant aux dispositions de voies de terrassement entre les points de stationnement des wagons chargés et vides en bas du plan incliné et le point de chargement d'une part, et entre les points de stationnement des wagons chargés et vides en haut du plan incliné, et le point de déchargement d'autre part, nous les ferons connaître avec d'autres dispositions analogues, lorsque nous parlerons du second procédé pour l'exécution des travaux de terrassement.

Il nous reste à déterminer le profil des cavaliers et des fouilles le long d'une tranchée ou d'un remblai, pour le cas où leur forme n'est pas donnée par la forme et l'étendue du terrain à couvrir ou à creuser. Cette question importante pour l'économie de ces travaux a été traitée par M. de Normans. (Annales des Ponts et Chaussées, 1836, septembre et octobre, page 221.) Nous allons citer ici le résultat de ses recherches analytiques.

Soit, pl. II, fig. 1, le profil en travers d'une tranchée avec les cavaliers à former sur les deux côtés, et $s =$ la surface du demi-profil de la tranchée $d\ e\ f\ g$, on donnera à la perpendiculaire $a\ b$, élevée au pied du cavalier, la hauteur $\sqrt{\frac{3s}{12}}$ on tracera la ligne $a\ c$ en rampe de 0,083 à

Digitized by Google

partir du point *a*, et cette ligne déterminera le couronnement du cavalier dans son profil en travers.

Soit également, pl. II, fig. 2, le profil en travers d'un remblai, avec les fouilles à son pied, et soit *s* la surface du demi-profil du remblai *d e f g*, on donnera à la perpendiculaire *a b*, abaissée du bord de la fouille, la profondeur $\sqrt{\frac{2s}{12}}$ et on tracera la ligne *a c* en pente de 0,083 à partir du point *a*, et cette ligne déterminera le fond du fossé dans son profil en travers.

§ II. Procédé pour l'exécution des travaux de terrassement.

Le matériel, dont on se sert dans des chantiers de terrassement organisés d'après les principes de ce procédé, mais sur une petite échelle, se compose de tombereaux et de brouettes.

Lorsque la masse à enlever excède un cube de 100,000 m. et que la distance moyenne, à laquelle cette masse doit être transportée, est plus grande que 1,000 m., il y a avantage à se servir d'un matériel fabriqué exprès, savoir : des wagons de terrassement, avec des roues en fonte, traînés par des chevaux sur des voies en fer.

Lorsque la distance moyenne de transport est de 2,000 m., et plus grande, il y a avantage à employer une machine locomotive.

Toute la ligne des travaux se divise en un certain nombre de parties plus ou moins longues, dont chacune doit être exécutée séparément et indépendamment des autres, et c'est une de ces parties que nous appelons un chantier de terrassement. Pl. IV, fig. 2. Pl. V, fig. 1, 2, 3.

Nous distinguons dans chaque chantier de terrassement trois points essentiellement différents, savoir :

A, le point de chargement à l'extrémité de la tranchée.

B, la distance du transport du point de chargement au point de déchargement.

C, le point de déchargement à l'extrémité du remblai.

Digitized by Google

A. — Organisation des travaux au point de chargement.

La première condition à observer dans l'exploitation d'une tranchée est de donner au travail le front le plus étendu possible, afin d'obtenir un résultat suffisant dans un délai donné. On y arrive d'une part, pour un déblai d'une profondeur très-considérable, en le divisant en plusieurs couches ou assises, dont chacune est exploitée au moyen d'un système de voies de terrassement; d'autre part, par la disposition particulière de ces voies de terrassement, qui n'est pas la même lorsque l'on peut employer aux travaux de terrassement des rails fabriqués exprès pour cet usage, ou lorsqu'on est obligé de se servir des rails définitifs.

Pl. VI, Fig. 2. A représente la disposition générale de l'exploitation d'une tranchée de 4 à 6 m. de profondeur. On suppose que l'on peut disposer des rails de terrassement fabriqués exprès pour ce but. On commence au point de niveau à enlever à la fois tout le profil de la tranchée, au moyen de brouettes et de tombereaux. Aussitôt que l'on a gagné la longueur nécessaire pour l'emplacement du système de voies de terrassement, on pose sur le fond de la tranchée quatre voies parallèles à l'axe de cette tranchée et à des distances de 3,00 m., au moins, d'axe en axe, la plus grande largeur d'un wagon étant de 2,00, et l'espace libre entre deux wagons pour la circulation de 1,00. Toutes ces voies *a, b, c, d,* se réunissent en arrière on du côté du remblai en une seule, qui se divise immédiatement après en deux.

La pose de ce système de voies achevée, le mode de travail le plus simple serait de placer sur les quatre voies de terrassement *a, b, c, d,* pl. VI, fig. 2, 1, quatre wagons avançant à pas égaux, et dont chacun enlèverait la partie du profil de la tranchée qui se trouverait devant lui; de placer en outre, sur chacune des deux voies extérieures *a, d,* un wagon destiné à enlever les parties du profil placées sur l'inclinaison du talus de la tranchée; mais cette organisation du travail ne permettrait d'avancer que très-lentement; le nombre des wagons qui pourraient être chargés à la fois serait très-petit, parce que le front de travail de chaque wagon ne serait que de 3 m., tandis qu'il faudrait une largeur de 5,00 m. au moins pour placer le

Digitized by Google

nombre de chargeurs nécessaire. Il s'agit donc de se procurer un front de travail plus développé.

On pousse à cet effet une des voies parallèles, soit *b*, à une distance de 2000 m. environ en avant, et l'on place sur ce prolongement de la voie *b* quatre wagons qui enlèvent le cube *a'* en l'attaquant de côté, pendant que la voie *b* avance de nouveau d'une longueur de 20 m. Le cube *a'* enlevé, on prolonge la voie *a* de 20 m. et l'on y place quatre wagons qui attaquent le cube *g'* de côté. En même temps, les quatre wagons en *b''* préparent un nouveau prolongement de la voie *b* jusqu'en *b'''*, etc. Ce procédé employé également au prolongement des voies *c* et *d*, il arrivera un moment où les voies *a* et *d* seront prolongées jusqu'en *a'* et *d'*, les voies *b* et *c* jusqu'en *b''* et *c''*, et le nombre de wagons en chargement à la fois sera de 16.

Cependant il est facile de juger que la quantité de travail à exécuter n'est pas également répartie sur ces seize wagons, ainsi distribués ; car, pendant que les quatre wagons placés en *a'* sont occupés à enlever le cube *g'*, les quatre wagons placés en *b''* n'ont pas seulement à enlever le cube *a''* pour le prolongement de la voie *b*, mais encore le cube *a''* pour le prolongement de la voie *a*, ce qui est d'autant plus difficile, que ce dernier cube ne peut être attaqué que sur un front de 3 m. On voit donc que tout le progrès du travail, dans la tranchée, dépend de l'activité avec laquelle les deux voies du milieu peuvent être poussées en avant, et qu'il faut faire à cet effet quelques sacrifices.

Supposons qu'un wagon de terrassement, occupé à enlever un profil de 3 m. de largeur, et d'une hauteur égale à la profondeur de la tranchée, avance dans un certain délai de 5 m., pourvu qu'il puisse attaquer le profil sur un front de 5 m., le même wagon avancera de 20 m. si l'on réduit la hauteur du profil au quart. Soit donc la profondeur de la tranchée de 3,00, on prépare la prolongation des deux voies du milieu en ouvrant au-devant d'elles un fossé sur une profondeur de 2,25, et en laissant les 0,75 m. de hauteur qui restent à enlever sur une longueur de 20 m. aux deux premiers wagons, dans le même temps qu'un des autre wagons enlève une hauteur de 3,00 sur une longueur de 5 m. Le déblai du fossé que l'on pousse ainsi en avant, en *b'''*, en *c'''*, est rejeté à la pelle sur les côtés

Digitized by Google

en a''' et d''' et chargé dans les wagons qui se placent sur le prolongement des voies du milieu en b''' et c'''.

Nous avons supposé jusqu'ici que le reste de la profondeur de 0,75 pouvait être attaqué par les deux premiers wagons sur un front de 10 m. Cette largeur n'étant réellement que de 6 m., la hauteur de 0,75 m. subirait à la rigueur une seconde diminution qui la réduirait à 0,45; mais on peut négliger cette circonstance, parce qu'une organisation convenable du travail, dans l'extrémité de la taille, permet de charger une partie du déblai de b'' immédiatement, non-seulement dans le premier, mais encore dans le second et le troisième des wagons placés en b''.

Le nombre de wagons occupés à la fois dans les différentes tailles se détermine donc ainsi :

Il se trouve sur la voie b'', occupés à enlever le cube a'', . .	4 w.
Occupés à recevoir le produit de a'', en partie par charge immédiate, en partie par reprise	4
De même sur la voie c	8
Enfin sur la voie a', le cube g' n'étant que la moitié du cube a'.	2
De même sur la voie d.	2
Nombre total.	20

Lorsque l'exploitation de la tranchée doit être poussée avec plus d'activité encore, ce nombre de vingt wagons peut être porté à trente, dont douze se placent sur chacune des voies du milieu et trois sur chacune des voies extérieures; mais il est facile de juger que les difficultés du travail, sur les deux voies du milieu, augmentent en raison du nombre de wagons composant un train, ces wagons devant être chargés à la fois et conduits ensemble à la décharge.

Aussitôt chargés, les wagons placés sur une des quatre voies sont pris par des chevaux, conduits par les différents changements, dans la voie l destinée au stationnement des wagons chargés et remplacés par un nombre égal de wagons vides que les mêmes chevaux prennent en revenant dans la voie de stationnement des wagons vides en m.

Comme les chargeurs sont forcés de se reposer ou bien de se mettre à

Digitized by Google

piocher pendant le temps qu'il faut pour remplacer les wagons chargés par d'autres vides, il est important de réduire autant que possible la distance de l'extrémité des voies de terrassement aux voies de stationnement des wagons chargés et vides. Or, de la disposition des voies et de la distribution des wagons sur ces voies, résultent les longueurs suivantes, réduites toutes au minimum :

Distance de l'extrémité de la taille du milieu aux deux premiers wagons placés sur les voies du milieu	20m.
Distance du premier wagon sur l'une des voies du milieu au premier wagon sur une des voies latérales.	40
Distance de là au point où la tranchée a gagné son profil définitif et où les quatre voies commencent à se rapprocher.	10
Longueur totale.	70

Sur cette longueur totale, les quatre voies de terrassement restent parallèles. Aussitôt que par suite de l'avancement du travail cette longueur de 70 m. s'est accrue de 50 à 80 m., on rapproche le système de croisement de voies et de stationnement, de façon à rétablir la longueur primitive.

La longueur totale du système de changements de voie dépend des dimensions des rails qui doivent les composer. Nous reviendrons sur ce sujet lorsque nous nous occuperons du matériel de terrassement.

Lorsque la longueur d'une tranchée de peu de profondeur est très-considérable, on peut commencer son exploitation en plusieurs points sur toute sa longueur. La pl. V, fig. 1, représente la disposition générale; la pl. VI, fig. 2, la disposition détaillée des voies que l'on emploie dans ce but. On commence par établir à la surface du terrain deux voies de transport sur les bords et tout le long de la tranchée à exploiter. On ouvre ensuite, à des distances de 200 m. environ, des tailles qui descendent en pente de 0,10, jusqu'au niveau définitif du chemin, et qui sont continuées selon le profil de la tranchée. Aussitôt que l'on a gagné la longueur suffisante, on établit sur le fond de chaque taille un système de voies de terrassement, et l'on continue de la manière que nous venons de décrire.

Digitized by Google

Les wagons chargés, après avoir stationné sur la voie *l* pendant le temps nécessaire pour les remplacer par d'autres wagons vides, sont pris par les chevaux destinés au service de chaque taille, montés sur la pente et placés sur la voie *n*, qui ne sert qu'au transport des wagons chargés provenant de toutes les tailles. Les wagons vides, qui arrivent du point de déchargement sur la voie *k*, exclusivement destinée au transport des wagons vides, sont pris par les mêmes chevaux, descendent la pente, et sont mis en stationnement sur la voie *m*, d'où ils sont conduits au point de chargement au fur et à mesure des besoins.

Lorsque les deux voies *b c* de chaque taille sont avancées jusqu'au pied *p q* de la pente desservant la taille suivante, on enlève les voies de transport sur les bords de la tranchée, ainsi que les voies en pente, et l'on se sert des deux voies du milieu posées d'un bout de la tranchée à l'autre, pour la circulation des wagons chargés et vides, tandis que les wagons travaillant à l'achèvement de la tranchée sont placés sur les embranchements extérieurs *a* et *d*.

Lorsque la profondeur d'une tranchée est très-considérable, on la divise en deux ou trois couches parallèles au niveau définitif du chemin en donnant à chacune de ces couches ou assises une hauteur de 4 à 6 m. environ. L'exploitation de ces assises, dont on peut attaquer deux, quelquefois même trois à la fois, suit les mêmes principes que l'exploitation d'une tranchée sur toute sa profondeur à la fois; mais la largeur du fond des assises supérieures de la tranchée étant plus grande, il faut employer un plus grand nombre de voies de terrassement parallèles à l'axe de la tranchée, ce qui doit compliquer le système de voies du point de chargement, de manière à rendre l'organisation du service, sur ce point, très-difficile.

Planche V, Figure 5, *a*. Les wagons de terrassement en circulation sur les différentes voies, s'embarrassent, faute d'attention des conducteurs de chevaux ou des surveillants; le déplacement des différents embranchements ne peut s'opérer sans suspendre les travaux d'une ou de deux tailles, et enfin la distance de l'extrémité de chaque voie de terrassement au point de stationnement des wagons chargés et vides, est si grande, que le remplacement des wagons chargés par les wagons vides entraîne de grandes pertes de temps.

Digitized by Google

Pour éviter ces inconvénients, on adopte une disposition de voies semblable à celle que nous donnons Pl. VII. Soit 600 m. la longueur et 36 m. la largeur du fond de l'assise supérieure de la tranchée, on pourrait établir, en conservant la distance de 3,00 d'axe en axe, que nous avons adoptée plus haut, douze voies parallèles; mais elle nécessiteraient un système d'embranchement beaucoup trop compliqué pour un service prompt et exact. On préfère donc fixer la distance des voies d'axe en axe à 6 m., et placer sur chacune de ces voies un nombre de wagons un peu plus fort, soit six wagons. Dans le point *a* cependant, où le travail doit, par les raisons que nous avons exposées plus haut, être poussé avec plus d'activité, on profite de la largeur de 6 m. pour y établir deux voies dans le double but d'avancer plus vite, et de réduire à la moitié la longueur des trains de wagons placés sur chacune de ces deux voies. On obtient ainsi sept voies parallèles, sur lesquelles le nombre de wagons occupés en même temps au point de chargement est en proportion des cubes à enlever dans un délai donné; on les distribue ainsi qu'il suit :

Sur la voie *a*.	6 wagons.
Sur la voie *b*.	9
Sur chacune des voies *c d e f*.	6
Sur la voie *g*.	3
Nombre total.	42

La profondeur sur laquelle doit être préparée la prolongation des deux voies *a* et *b*, se détermine d'une manière analogue à celle que nous avons indiquée pour le chantier Pl. VI, fig. 2. Dans le point de chargement, dont nous avons donné la disposition Pl. VI, fig. 2, la profondeur de la tranchée étant de 3,00, et la distance des voies d'axe en axe de 3,00, le profil à enlever par quatre wagons placés sur chaque voie est de 9 m. carrés; dans le point de chargement, dont nous donnons la disposition Pl. VII, la profondeur de la tranchée étant de 6,00, la distance des voies de 6,00, le profil à enlever par six wagons placés sur chaque voie, est de 36 m. carrés; le rapport du travail mesuré sur l'axe de la tranchée dans le chantier Pl. VII, et dans le chantier Planche VI, figure 2, est donc comme $\frac{3}{4}$ est à $\frac{8}{4}$, ou comme 3 : 8.

Digitized by Google

Le service des wagons dans le système de voies sur le point de chargement, Pl. VII, se fait de la manière suivante. Aussitôt chargés, les six wagons placés sur la voie *c* sont pris par des chevaux et conduits sur l'embranchement *h*, où ils restent pour le moment, pendant que les mêmes chevaux prennent un nombre égal de wagons vides conduits d'avance sur la voie *i*, pour les ramener sur le point *e*. De là, ces chevaux retournent aux wagons chargés qu'ils ont laissés en *h*, ils les conduisent par la suite d'embranchements *h h' h''*, etc., sur leur voie de stationnement en *k*, reprennent, sur la voie de stationnement des wagons vides *l*, un nombre égal de wagons vides, et les reconduisent par l'autre suite d'embranchements en *i*. Le service des wagons, pour les autres voies de terrassement, se fait de la même manière.

Cette disposition a, sur celle de la Pl. V, fig. 3, l'avantage 1° de répartir, sur deux séries d'embranchements distinctes, le transport des wagons chargés et des wagons vides; on évite par là tout embarras dans leur circulation; 2° de raccourcir la distance de l'extrémité des voies au point de stationnement des wagons chargés et vides. Elle donne enfin le moyen de déplacer les différents embranchements de voie sans suspendre tout à fait les travaux dans les différentes tailles; car les voies de terrassement parallèles étant prolongées à une certaine distance, le transport des wagons se fait sur l'une des séries d'embranchements, pendant que l'autre série est enlevée pour être rétablie plus près de l'extrémité des voies de chargement.

Les mêmes principes s'appliquent à l'exploitation des assises inférieures de la tranchée. La disposition des voies sur le fond de chaque assise inférieure résulte de la disposition de l'assise supérieure; car l'exploitation de la première, suivant l'exploitation de cette dernière à une distance constante, les progrès des travaux dans les deux assises, mesurés sur l'axe de la tranchée, doivent être égaux.

Lorsque, faute de rails fabriqués exprès pour les travaux de terrassement, on est reduit à se servir de rails définitifs, qui ont généralement des dimensions beaucoup plus grandes, il devient nécessaire de simplifier beaucoup le système du point de chargement, parce que les dimensions de ces rails définitifs n'admettant que des courbes d'un assez

Digitized by Google

grand rayon, la longueur totale du système d'embranchements deviendrait trop grande, le déplacement des voies serait trop difficile, et les rails définitifs, malgré toutes les précautions que l'on prendrait, souffriraient beaucoup, par suite d'une pose peu soignée. On renonce donc à l'avantage de placer les wagons dans la fouille même et de les charger immédiatement, et l'on adopte une disposition qui évite tout déplacement de voies, et n'exige en même temps qu'un très-petit nombre d'embranchements.

Cette disposition est représentée Pl. VI, fig. 1. Soit 1,60 la plus grande hauteur d'un wagon de terrassement chargé, on place le fond de la dernière assise d'une tranchée à 1 m. 60 au-dessus du niveau du chemin de fer, et l'on commence la division de la tranchée en plusieurs assises, à partir de ce niveau. Dans le fond de chaque assise, on dispose ensuite un fossé parallèle à l'axe de la tranchée et de 6 m. 00 de largeur que l'on prolonge à mesure que l'exploitation de la tranchée avance. Sur le fond du fossé, on pose deux voies parallèles, *a* et *b*, à une distance de 3 m. 20 d'axe en axe, et l'on continue l'exploitation de la tranchée avec des brouettes que l'on charge de la terre fouillée, et que l'on conduit au bord du fossé pour les verser d'en haut dans les wagons placés sur une des voies établies dans le fond de ce fossé. On se sert à cet effet de madriers placés en travers sur l'ouverture du fossé, et étayés dans l'espace vide qui se trouve entre deux trains de wagons.

Le cube à enlever dans un certain délai étant donné, on détermine le nombre de wagons nécessaires de la même manière que plus haut, mais on les place tous à la suite les uns des autres sur une des voies du fossé, en laissant par intervalles un espace pour les chevaux qui doivent transporter ces wagons, car il ne serait pas convenable d'atteler tous les chevaux à la tête d'un train composé d'un très-grand nombre de wagons. De cette distribution des wagons on déduit ensuite, ainsi que nous avons fait plus haut, la profondeur à laquelle doit être préparé le prolongement du fossé avec ses deux voies de terrassement, ainsi que les autres éléments du travail au point de chargement, qui du reste, pour ce mode d'exploitation, n'a pas besoin d'être disposé en tailles régulières, comme cela est nécessaire dans le mode de travail décrit Pl. VII.

Digitized by Google

Le service des wagons sur les deux voies de terrassement se fait de la manière suivante : le train de wagons placés sur la voie *a* étant chargé, on attelle les chevaux ; on le conduit au point de stationnement des wagons chargés, à l'entrée de la tranchée ; on ramène de ce point, par les mêmes chevaux, un nombre égal de wagons vides qui remplacent les wagons chargés qui viennent de quitter la voie *a*. Pendant le temps que demande cette opération, les terrassiers du point de chargement sont occupés à charger les wagons vides placés sur la voie *b*, et, aussitôt chargés, ces wagons sont conduits à leur tour du côté de l'entrée de la tranchée, pendant que les terrassiers se remettent à charger les wagons vides placés sur la voie *a*.

Un des principaux avantages que présente cette disposition sur les précédentes, indépendamment de ceux que nous avons signalés plus haut, est qu'elle n'oblige à élever dans les wagons que le cube qui ne peut absolument pas être chargé autrement, tandis que, dans la disposition Pl. VII et les précédentes une partie notable du cube total de la tranchée est abattue et tombe d'une grande hauteur au niveau de la voie pour être élevée ensuite à la hauteur des wagons.

Lorsque les deux voies placées dans le fossé sont prolongées à une assez grande distance, le changement de voie est enlevé et rapporté plus près du point de chargement pour laisser à l'exploitation de l'assise inférieure, qui suit à une certaine distance celle de la première, la plus grande largeur possible. C'est dans ce but, également, que dans cette disposition, ainsi que dans les précédentes, les voies de stationnement des wagons chargés et vides et les voies de transport sont toujours placées le plus près possible de la surface du talus définitif de la tranchée.

Digitized by Google

B. — Organisation des travaux sur la distance de transport du point de chargement au point de déchargement.

La partie d'un chantier de terrassement sur laquelle on transporte les terres extraites de la tranchée, coïncide, dans les cas les plus simples, lorsque la tranchée est exploitée à la fois sur toute sa profondeur, avec le niveau définitif du chemin de fer, et le transport peut être fait par une machine locomotive ou par des chevaux, sur les deux voies définitives du chemin, que l'on établit et prolonge à mesure que les travaux avancent dans les deux directions opposées.

Lorsqu'on se sert d'une seule voie pour le transport, cette voie est formée de rails définitifs, posée avec tout le soin qu'on peut apporter à la pose sur un remblai formé depuis peu de temps, et partagée à chaque extrémité en deux voies *l m* et *n o*, sur une longueur suffisante au stationnement d'un nombre de wagons proportionné à l'étendue des ateliers établis au point de chargement et au point de déchargement; on en règle le nombre par la condition que le temps nécessaire à leur chargement à l'une des extrémités, et à leur déchargement à l'autre soit égal au temps que met la locomotive à faire le double voyage qui sépare ces deux points. (Pl. IV, fig. 2, *b*.)

La machine arrive avec un train de wagons vides sur la voie *n*; on y attache, au moyen d'une corde préparée d'avance, le train de wagons chargés stationnant sur la voie *m*, qu'elle fait passer par le changement *p*, sur la voie de transport, pour les conduire ensuite au point de déchargement sur la voie *o*. Entrée sur cette voie, on y attache avec une corde un train de wagons vides qu'elle amène, en les faisant passer par le changement *q*, sur la voie de transport au point de chargement.

Si le transport doit être fait par des chevaux, il devient nécessaire d'établir deux voies de transport parallèles, Pl. V, fig. 1, *b*. Ces voies peuvent être formées de rails définitifs ou de rails de terrassement dont la pose demande moins de soin. L'une de ces voies est destinée alors exclusive-

Digitized by Google

ment à la circulation des wagons vides, et l'autre à celle des wagons chargés; car les trains conduits par des chevaux étant composés d'un plus petit nombre de wagons et allant avec beaucoup moins de vitesse que les trains remorqués par une machine locomotive, on est forcé, pour apporter au service l'activité nécessaire, de faire partir un ou plusieurs trains, sans attendre le retour des trains précédents.

Lorsque la tranchée est exploitée en deux assises, la ligne de transport se partage à l'entrée de la tranchée en deux, dont l'une suit le niveau définitif du chemin de fer pour desservir l'exploitation de l'assise inférieure, tandis que l'autre monte à la surface du terrain au niveau de l'assise supérieure. Le transport de cette dernière ligne, peut se faire de deux manières différentes.

Lorsque le niveau du terrain se trouve vers la tranchée, en rampe de 0,025 au plus, les wagons chargés sont descendus du niveau de l'assise supérieure, et les wagons vides remontent à cette hauteur, à l'aide de chevaux, sur des voies posées à la surface du terrain, ou même, lorsque la rampe est très-faible, à l'aide d'une machine locomotive, sur des voies posées avec plus de soin.

Lorsque le terrain dans l'endroit indiqué se trouve en rampe plus forte que 0,025, on établit un plan incliné automoteur, sur lequel le poids d'un train de wagons chargés descendant est employé à remonter un autre train de wagons vides. Pl. V, fig. 2, *b*. L'établissement de ce plan automoteur, lorsque son utilité est reconnue, doit précéder toute autre opération sur le chantier de terrassement, afin que la plus grande partie du cube à enlever puisse participer aux avantages que présente ce mode de transport perfectionné. Les principes que l'on suit dans la construction d'un plan automoteur au service des travaux de terrassement, sont les mêmes que ceux suivis pour l'établissement d'un plan automoteur définitif, mais l'économie exigée avant tout dans un établissement provisoire ne permettant pas d'y apporter beaucoup de perfection, le minimum de pente pour un plan automoteur de terrassement doit être fixé à 0,025 dans les circonstances les plus favorables. Si la pente du terrain à l'entrée de la tranchée est de 0,025 ou plus forte, le plan automoteur peut être établi à la surface du sol, si la pente est plus faible, dans une entaille faite, ainsi que nous l'avons

Digitized by Google

indiqué Pl. VIII, fig. 1. Lorsque la pente générale du plan automoteur est de 0,05 ou plus, elle peut être uniforme de haut en bas; mais, lorsqu'elle est plus faible, il est convenable de la forcer en haut du plan automoteur sur une longueur de 10 m. environ, lors même qu'on serait obligé de diminuer à cet effet la pente du bas du plan automoteur, et cela afin que les wagons descendant puissent, à l'aide de cette pente plus forte, mettre en mouvement le train des wagons qui doivent monter. Soit pour exemple 6,00 la hauteur qu'un plan automoteur doit gagner avec une pente générale de 0,05, sa longueur de 120 m. se divise en deux parties dont l'inférieure de 110 m. de longueur aura une pente de 0,045, et la partie supérieure de 10 m. une pente de 0,10.

Les voies du plan automoteur peuvent être disposées de différentes manières. Lorsque le plan a une pente assez forte sur peu de longueur, il porte sur toute cette longueur deux voies parallèles à une distance de 3 m. 20 d'axe en axe. Pl. VIII, fig. 1, II. Lorsque la pente est plus faible, mais la longueur plus grande, ces deux voies parallèles ne sont prolongées de haut en bas du plan que jusqu'à la rencontre des deux trains de wagons et elles se réunissent ensuite en une seule voie. Pl. VIII, fig. 1, I. Lorsque la longueur du plan est très-grande, la voie peut être simple en haut du plan, se partager en deux au point de rencontre des trains de wagons, et se réunir ensuite en une seule. Les deux dernières dispositions présentent l'avantage de nécessiter peu de place au point de passage, point où la largeur du terrain acquis pour l'exécution du chemin est très-resserrée, lorsqu'il s'agit de desservir par deux plans automoteurs en même temps deux différentes assises d'une tranchée très-profonde.

A une distance de l'extrémité supérieure du plan automoteur égale à la longueur d'un train de wagons, est placée en contrebas du sol une poulie en charpente, dont le diamètre est égal à la distance d'axe en axe des deux voies du plan. Pl. VIII, fig. 1, II; la pl. IX, fig. 1, représente la construction d'une poulie de ce genre avec les détails nécessaires. Par le moyen d'une pince passée dans l'ouverture *a* on serre au besoin le frein *d*. Les deux boîtes d'essieu de la poulie A et B sont en fonte. La dernière est scellée sur une pierre de taille qui est appuyée horizontalement sur les deux pieux du devant portant des rails sur les longrines.

Digitized by Google

Lorsque la pente du plan automoteur est plus forte, on peut au lieu d'une seule grande poulie toujours très-coûteuse en employer deux petites ou même trois que l'on dispose alors de la manière indiquée, pl. VIII, fig. 1, I, et dont celle du milieu porte le frein.

Lorsque le plan automoteur porte deux voies sur toute sa longueur, la corde ou la chaîne dont on se sert, passe en quittant la poulie, sur une suite de petit rouleaux horizontaux de la forme indiquée, pl. IX, fig. 2. Ils sont scellés à des distances de 4. 50 environ sur les traverses en bois qui portent les rails, pl. VIII, fig. 1, II. Lorsqu'au contraire les voies du plan automoteur sont simples à ses deux extrémités, on emploie outre ces rouleaux horizontaux d'autres rouleaux verticaux pour maintenir la chaîne ou la corde dans l'axe de la voie. Lorsqu'on se sert d'une chaîne, on peut se dispenser des uns et des autres en la laissant traîner sur la terre.

Il est enfin de quelque importance, pour le service du plan automoteur, de donner à la distance E. C., de la poulie jusqu'au bord supérieur du plan, une pente de 0,01 environ. Ce service se fait ainsi qu'il suit :

Un train de wagons vides revenant du remblai se place sur la voie *b*, où il est attaché à l'une des extrémités de la chaîne au moyen d'une crochet à levier de la forme, pl. VIII, fig. 2, qui se trouve au premier wagon. Un ouvrier qui doit accompagner le train, monte sur le premier wagon et place son pied sur le levier du crochet.

Un train de wagons chargés venant de la tranchée sur la voie *d* est conduit par des chevaux vers le bord supérieur du plan automoteur jusqu'à ce que le dernier wagon ait dépassé la poulie en E, et tous se trouvent alors sur la pente de 0,01. On détèle subitement les chevaux, on attache au dernier wagon l'autre extrémité de la chaîne; l'ouvrier qui doit accompagner le train, monte sur ce dernier wagon, et le train part tout seul avec la vitesse acquise. Lorsque le dernier wagon a dépassé le bord supérieur du plan automoteur, la corde est tendue et le train descendant commence à agir sur le train qui doit monter. Lorsque le dernier des wagons chargés a dépassé le pied du plan automoteur à D, l'ouvrier monté sur ce dernier wagon soulève au moyen du pied le levier du crochet et détache ainsi subitement le train : la chaîne tombe au pied du plan, tandis que le train par la vitesse acquise est lancé sur les voies de transport à une certaine distance. De là il est repris

Digitized by Google

par des chevaux ou par une machine locomotive et conduit à sa destination.

Au moment où les wagons chargés sont détachés au pied du plan automoteur, le premier des wagons vide touche le bord supérieur et tout le train se trouve encore sur la pente du plan automoteur, mais la vitesse acquise suffit pour lui faire monter le reste du plan où on l'arrête au moyen d'un système de cales, fig. 2, pl. IX. L'extrémité de la corde détachée tombe en E et reste là; le train est repris par des chevaux et conduit dans la tranchée au point de stationnement des wagons vides.

Les extrémités de la chaîne étant restées sur la voie *d* au bas et sur la voie *b* en haut du plan automoteur, le train de wagons chargés descend alors sur la voie *b*, tandis que le train de wagons vides remonte sur la voie *d*.

Le nombre de wagons composant un train est déterminé par la pente et la longueur du plan automoteur et par la manière dont ses voies sont disposées; il augmente en raison de la résistance provenant 1° de la faiblesse de la pente, 2° du mauvais état de la pose, 3° de la disposition des poulies et enfin de toutes les parties défectueuses du plan automoteur.

Les plans automoteurs que nous avons examinés sur les travaux de terrassement du chemin de fer de Londres à Bristol, avaient généralement une pente de 0,08 à 0,10 sur une longueur de 130 à 150 m. Les voies sur ces plans étaient formées de rails de terrassement posés avec très-peu de soin. Il y avait tantôt deux voies sur toute la longueur, tantôt une seule sur la partie inférieure du plan. Les poulies étaient disposées de différentes manières, mais portaient toujours un frein. Le nombre de wagons transportés à la fois était de trois ou quatre. Un autre plan automoteur établi sur les travaux de terrassement du chemin de fer de Paris à Versailles avait une pente de 0,05, sur une longueur de 180 m. Les voies étaient doubles sur toute la longueur et parfaitement bien posées. La poulie de ce plan automoteur était construite d'après le modèle, pl. IX, mais sans frein, ceux de trois wagons serrés par trois ouvriers montés sur le train étant suffisants. Le nombre des wagons transportés à la fois était de douze.

Lorsque la tranchée est exploitée en trois assises, on peut établir deux plans automoteurs dont l'un dessert la première assise et l'autre la seconde. Pl. V, fig. 3. *b*.

Digitized by Google

Lorsque le remblai est formé de deux assises et que celle supérieure ne commence à être rapportée qu'après l'achèvement de celle inférieure, le plan automoteur de la tranchée peut être prolougé jusqu'au niveau de l'assise inférieure du remblai, ou bien les wagons chargés peuvent après avoir quitté le plan automoteur descendre sur une très-faible pente jusqu'à ce niveau, et être remontés au pied du plan automoteur par des chevaux. Dans ces deux cas les voies de transport doivent être posées dans l'axe du tracé du chemin de fer, à la surface du terrain ou sur un remblai.

Lorsque les deux assises du remblai doivent être formées en même temps, la ligne de transport se partage en trois au point de passage des déblais au remblai; la voie du milieu dessert en suivant le niveau définitif du chemin de fer les travaux de l'assise supérieure, et les deux autres sont établies sur les côtés avec une légère pente; on profite pour cela de la différence qui existe entre l'angle d'éboulement des terres et l'inclinaison définitive du talus; ces deux voies desservent les travaux de l'assise inférieure, l'une pour la circulation des wagons chargés, l'autre pour celle des wagons vides, le transport se faisant dans ce cas également par des chevaux.

§ III. Organisation des travaux sur le point de déchargement.

Comme les retards dans les travaux d'un chantier de terrassement sont presque toujours causés par une organisation insuffisante du travail sur le point de déchargement, on doit attacher la plus grande importance à le disposer de manière à pouvoir opérer la décharge d'un train de wagons dans le temps nécessaire à la charge d'un nouveau train. Il y a deux différents procédés pour atteindre ce but.

1° On cherche à donner au remblai, sans excéder son profil définitif, la plus grande largeur possible. On avance avec un rang de wagons placés perpendiculairement à l'axe du remblai et versant par devant. Ce procédé est représenté dans la disposition générale du chantier pl. IV, fig. 2, c, et sur une plus grande échelle pl. X, fig. 1, C.

Digitized by Google

Soit 7,70 la largeur définitive du remblai en couronnement, sa hauteur 4,00, le talus définitif de 2 sur 3, et le talus nécessaire pour prevénir l'éboulement des terres de 1 sur 1, ce qui approche beaucoup de la vérité, on donne provisoirement au remblai 9,70 de largeur en couronnement, afin que l'excédant de terre du bord supérieur puisse compléter ce qui manque au pied, lorsqu'on dressera le talus définitif. Sur cette largeur de 9,70 on établit, à des distances d'au moins 3,50 d'axe en axe, 3 voies parallèles à l'axe du remblai; ces voies se réunissent en arrière du côté de la tranchée, en une seule et se partagent de nouveau et immédiatement après en deux voies, dont l'une C est destinée au stationnement des wagons chargés, l'autre au stationnement des wagons vides.

Un des chevaux destinés au service du point de déchargement prend le wagon qui vient d'être déchargé sur la voie *a*, le conduit par le changement commun en *b* et prend ensuite en *c* un wagon chargé qu'il ramène en *a* où on le décharge. Ainsi également sur les deux autres voies. Lorsque le remblai a été avancé de cette manière de la longueur d'un rail, on prolonge les voies de cette longueur. Comme la pose des rails sur le nouveau remblai est très-difficile, surtout par le mauvais temps, on se sert à cet effet d'un cadre pl. X, fig. 1, D, composé de fortes longrines en bois qui portent le prolongement de la voie et qui, ayant une base plus large, s'enfoncent moins facilement dans le remblai. Le wagon chargé passe des rails ordinaires sur les rails de ce cadre, s'arrête à l'extrémité contre une traverse saillante; on le fait basculer, puis on le repousse sur la voie. Le remblai étant prolongé de la longueur d'un rail, on attelle un cheval au cadre, on aide son tirage en agissant avec des leviers, et lorsque l'on a avancé d'une longueur suffisante, on intercale le rail dans l'espace obtenu, entre le cadre et l'extrémité de la voie. Cette opération se fait par des ouvriers occupés à la décharge des wagons.

Lorsque les trois voies sont prolongées ainsi de 40—50 m., on enlève le système de changement de voies et on le rapproche du point de déchargement, pour diminuer, autant que possible, la distance du point de stationnement des wagons chargés et vides aux extrémités des voies, car cette distance est la principale cause des pertes de temps qu'on éprouve au point de déchargement.

Digitized by Google

On emploie sur chaque voie :

2 ouvriers à décharger les wagons,

1 — à aplanir la masse versée,

1 cheval et son conducteur à amener et à reconduire les wagons.

La disposition des changements de voie pl. X, fig. 1, C, demande en outre un aiguilleur, la disposition pl. X, fig. 3, C, 2 aiguilleurs, ce qui fait en tout pour le service ordinaire, 14 ouvriers et 3 chevaux. Le déplacement du système de changements de voie qui demande plus de soin que la simple prolongation des voies, est fait par une brigade d'ouvriers exercés à cette opération, et qui autant que possible exécutent ces changements pendant les heures de repos.

Une disposition de voies différente de celle que nous venons de décrire est représentée pl. V, fig. 1, e, et sur une plus grande échelle, pl. X, fig. 2. Les wagons chargés venant de la tranchée sur la voie *a* sont distribués par le changement de voie *b* sur les deux voies du milieu, et se trouvent ainsi placés plus près de l'extrémité des voies de déchargement que dans la disposition précédente. De là les wagons sont conduits sur les voies *c* et *f* par les changements *g* et *h*, et sur les voies *d* et *e* tout droit.

Aussitôt déchargé, le wagon en *c* est repoussé par les ouvriers sur la voie *i*, pendant que le cheval se trouve déjà en route pour amener un autre wagon chargé. Le wagon en *d* déchargé, on le conduit par le changement *k*, sur la voie *i*. Ainsi également sur les voies *e* et *f*. Lorsqu'il se trouve sur les deux voies extérieures un nombre de wagons déchargés suffisant pour composer un train, on les reconduit par les changements *l*, *m* et *n*, sur la voie *o*, et de là au point de chargement.

Cette disposition du système de voies sur le point de déchargement, demande une plus grande longueur de voie de terrassement, mais elle présente l'avantage d'accélérer considérablement le service, et de faciliter beaucoup le déplacement des changements. Lorsque les quatre voies sont prolongées à une certaine distance, les changements *g* et *h* font le service des changements *l* et *m*, sans être déplacés, pendant qu'on enlève ces derniers pour les rapporter plus près de l'extrémité du remblai.

Planche V, Figure 2, *c*. Représente une disposition de voies sur le point de déchargement, pour l'exécution d'un remblai de 8 à 10 m. de hauteur.

Digitized by Google

Le service se fait dans ce système de voies d'une manière analogue à celle du point de déchargement, Pl. X, fig. 1.

Lorsque la hauteur du remblai est de 12 à 14 m. environ, il devient avantageux de l'exécuter en deux assises, que l'on peut former l'une après l'autre, ou à la fois.

Dans le premier cas, les wagons sortant de la tranchée sont descendus au niveau de l'assise inférieure du remblai par les dispositions dont nous avons parlé dans l'organisation des travaux sur la distance de transport. Cette assise inférieure du remblai achevée, on enlève le système de voie qui a servi à sa formation, et l'on commence la formation de l'assise supérieure.

Dans le second cas, on dispose les voies de transport et de stationnement des wagons destinés à l'assise inférieure sur l'espace obtenu entre le bord de l'assise inférieure et le pied de l'assise supérieure, en se réglant sur la différence qui existe entre le talus définitif du remblai et le talus d'éboulement des terres, afin de ne pas interrompre les travaux de l'assise inférieure par ceux de l'assise supérieure.

Les hauteurs relatives de chacune de ces deux assises sont déterminées par la condition suivante : les progrès du travail sur les deux assises mesurées sur l'axe du remblai, doivent être égaux, et il faut à cet effet que le profil de l'assise inférieure soit au profil de l'assise supérieure, comme le cube versé sur la première est au cube versé sur la dernière dans un délai donné; ou bien, les cubes, dans ce cas, étant proportionnels au nombre des voies, comme le nombre des voies sur l'assise inférieure est au nombre des voies sur l'assise supérieure. Soit, par exemple, la largeur d'un remblai à la couronne de 7,70, sa hauteur de 14 m., on obtiendrait, d'après ce que nous venons de dire, pour l'assise inférieure, une hauteur de 7,75, et pour l'assise supérieure une hauteur de 7 m. 25, lorsque la première doit être formée par sept, la dernière par trois voies.

La disposition de ces voies se décompose en trois systèmes tout à fait semblables à celui de pl. X, fig. 1, et desservis de la même manière.

Les quantités de travail qui peuvent être fournies par ces différentes dispositions de voies sur le point de chargement, calculées d'après les observations comparatives que nous avons faites sur les travaux de terrassement

Digitized by Google

des chemins de fer de Londres à Birmingham, à Bristol et à Southampton, sont pour dix heures de travail en y comprenant les pertes de temps causées par la prolongation des voies, le transport des wagons, etc.,

1° Sur une des voies de la disposition pl. V, fig. 1, *c*, 120 wagons, ou un wagon contenant environ 1,5 m. cubes, 180 m. cubes, donc sur les 4 voies 480 wagons, ou 720 m. cubes;

2° Sur une des voies de la disposition pl. X, fig. 2, *c*, 80 wagons ou 120 m. cubes; donc, sur 3 voies, 240 wagons ou 360 m. cubes;

3° Sur une des voies de la disposition pl. V, fig. 2, *c*, 70 wagons ou 105 m. cubes, donc, sur 6 voies, 420 wagons ou 630 m. cubes;

4° Sur une des voies de la disposition pl. X, fig. 1, en deux assises, 60 wagons, ou 90 m. cubes, donc, sur 10 voies, 600 wagons ou 900 m. cubes.

Il résulte de cette comparaison, 1° que la quantité de travail fourni augmente dans une proportion beaucoup plus faible que le nombre de voies de déchargement; 2° que la perte de temps causée par une grande distance, du point de stationnement à l'extrémité de la voie de déchargement, et par le déplacement d'un système de voies très-compliqué, peut l'emporter sur l'avantage résultant de l'établissement d'une voie de déchargement de plus.

Cette considération a conduit à un procédé qui a été employé pour la première fois aux travaux de terrassement du chemin de fer de Paris à Saint-Germain, et qui permet de simplifier beaucoup le système de voies en réduisant le nombre des embranchements. On pousse la formation du remblai sur la largeur d'une seule voie avec une grande rapidité en avant, au moyen d'un échafaud mobile construit pour cet usage, et on complète le reste de la largeur du remblai par deux simples voies de déchargement. Ce procédé, employé à la formation d'un remblai de 3 à 9 m. de hauteur est représenté pl. V, fig. 3, *c*, et a une plus grande échelle pl. XI, fig. 2, *c*.

L'échafaud mobile dont nous donnons le dessin détaillé, pl. XII, consiste en deux poutres armées de 25 mètres de longueur, qui prolongent la voie au delà du remblai; les extrémités de ces poutres armées sont appuyées, d'une part, sur le remblai; de l'autre, sur une chèvre placée sur

un chariot à six roues de wagons. Le point d'appui des poutres armées sur la chèvre est mobile, il peut, au moyen de cales, varier, suivant la hauteur du remblai. La chèvre roule sur une voie en fer posée à la surface du terrain naturel. La longueur de cette voie est de deux ou trois rails, dont le dernier est enlevé et replacé devant la chèvre, lorsque celle-ci l'a dépassée.

Les wagons chargés stationnant pl. XI, fig. 2, *c*, sur la voie *b*, les wagons vides sur la voie *a*, on prend un train de wagons chargés composé d'autant de wagons qu'on peut en placer sur l'échafaud, et on le conduit à l'extrémité de la voie du milieu pour le décharger. Le premier de ces wagons, détaché du train et déchargé, on le pousse sur l'échafaud; ainsi du second et de tous les suivants. Lorsque tous sont déchargés, on les rattache les uns aux autres sur l'échafaud, on les reconduit tous ensemble sur la voie de stationnement des wagons vides, et on amène un autre train de wagons chargés.

A une distance de 20 à 30 m., en arrière de l'échafaud, on décharge sur les deux voies *c* et *d*. Une partie des wagons pleins, destinés à la voie *c*, sont placés en c; de là on les conduit un à un sur le point e, où on les décharge; on les repousse ensuite sur la voie *f*. Les wagons chargés pour la voie *d* sont amenés immédiatement du point *b*, déchargés en *d*, et reconduits au point *a*. On juge facilement que le mouvement des wagons déchargés et vides, sur ces deux voies latérales, doit causer un ralentissement de travail assez considérable, et l'on sait, par des expériences faites, que le nombre de wagons déchargés sur une des voies latérales, n'est, dans les circonstances les plus favorables, qu'un tiers du nombre de wagons déchargés dans le même temps sur l'échafaud. Les progrès du travail doivent être égaux sur les trois voies de déchargement; le profil à former par chacune des voies latérales, doit être le cinquième du profil du remblai, et le tiers du profil à former par la voie du milieu. Soit, par exemple, la hauteur du remblai de 5,00, sa largeur provisoire, à la couronne, de 10,50, on poussera, à l'aide de cet échafaud mobile, en avant, un remblai de 4,50 de largeur, en couronnement, et on complétera le reste de 3,00 de chaque côté par les deux voies latérales.

Les trains à décharger sur l'échafaud sont composés de wagons versant

Digitized by Google

par devant et d'autres versant de côté. Les wagons de la première sorte, versant leur contenu dans l'intervalle compris entre les deux rails de la voie, forment un remblai de 1,50 de largeur en haut, ce qui fait, sur une hauteur de 5,00, un profil de 32^{m},50 carrés. Le profil du remblai à former par l'échafaud, étant de 47^{m},50 carrés, il reste pour les wagons versant de côté un profil de 15 mètres carrés. Il résulte de là que pour le service de l'échafaud le nombre des wagons versant des deux côtés doit être au moins la moitié du nombre des wagons versant par devant.

Les wagons à décharger sur les voies latérales peuvent être de l'une ou de l'autre sorte indistinctement, parce que l'aplanissement des terres versées a beaucoup moins de difficulté sur ces deux points.

Le service du déchargement sur cet échafaud mobile est fait comme sur une simple voie par trois ouvriers; deux d'entre eux sont occupés à basculer les wagons et à les pousser sur l'échafaud, et le troisième à les détacher du train et à les rattacher sur l'échafaud.

Lorsque le remblai du milieu est prolongé de la longueur d'un ou de deux rails, on avance l'échafaud avec des pinces ou avec un cabestan placé en avant, à la surface du terrain. La prolongation des deux voies latérales se pratique de la manière que nous avons indiquée plus haut.

Lorsque la hauteur du remblai à former est de 9 m., la différence entre le talus définitif et le talus d'éboulement permet de lui donner provisoirement une largeur de 12,20 à la couronne, et de la former en établissant à la fois deux de ces échafauds mobiles. Dans ce cas, il est convenable de les placer à une distance de 9 m. 20 d'axe en axe, de former par chacun d'eux un remblai de 3,00 de largeur en couronnement, et de compléter le petit profil de 6,20 de largeur, qui reste dans le milieu, par une voie simple. On peut voir que, dans cette disposition, le profil total du remblai étant de 190,80.

1° Le profil à former par chacun des deux échafauds = 90,60;

2° Le profil à former par la voie simple = 9,60; donc,

3° Le nombre des wagons à décharger sur la voie du milieu = $\frac{1}{5}$ du nombre des wagons à décharger dans le même temps, sur un des échafauds.

On trouve ensuite que par chaque échafaud,

Digitized by Google

4° Le profil à former par des wagons versant par devant = 83,30;

5° Le profil à former par des wagons versant du côté de l'axe du remblai = 2,60;

6° Le profil à former par des wagons versant de l'autre côté = 6,75.

On aura donc pour un wagon versant du côté de l'axe, environ trois wagons versant de l'autre côté, et vingt-sept wagons versant par devant.

Lorsque la hauteur du remblai à former est de 14 m., l'exécution, à la fois sur toute la hauteur, demanderait un échafaud mobile trop grand et trop lourd pour pouvoir être remué avec la facilité nécessaire : on divise donc le remblai en deux assises que l'on forme l'une après l'autre, ou en même temps toutes les deux. (Pl. V, fig. 3, *c'*.)

Lorsque l'assise supérieure du remblai n'est formée qu'après l'achèvement de l'assise inférieure, le système de voies sur cette dernière peut être disposé de la manière indiquée pl. XI, fig. 1, le point de stationnement des wagons se trouvant dans le milieu du remblai. Le service sur ce système de voies n'a pas besoin d'explication. Les lignes ponctuées indiquent la position des voies avant le dernier déplacement. La distance des trois échafauds d'axe en axe est de 8,50; les profils restant entre deux échafauds sont complétés par des voies simples. La proportion des hauteurs des deux assises est indifférente.

Lorsque les deux assises du remblai doivent être formées en même temps, leurs profils doivent être proportionnés aux quantités de travail fourni sur chaque assise, afin d'obtenir un progrès égal des travaux par les deux assises. La disposition de voies peut être semblable à celle pl. XI, fig. 2, où les voies de stationnement pour les wagons chargés et déchargés de l'assise inférieure se trouvent sur l'espace qui reste provisoirement entre le bord et le pied de l'assise supérieure. Les embranchements de voie *i k l* sont destinés à conduire les wagons chargés de la voie *h* aux différents points de déchargement, les changements *m n o* à reconduire les wagons déchargés sur la voie *g*. La distance d'axe en axe des échafauds étant de 8,50, les profils qui restent sont comblés par des wagons placés sur les points *i n k o*, et versant de côté.

Les quantités de travail qui peuvent être fournies par les différentes dispositions que nous venons de décrire, sont, d'après les expériences

Digitized by Google

faites sur les chemins de fer de Paris à Saint-Germain et à Versailles, les suivantes :

Les pertes de temps causées par la prolongation des voies, etc., comprises, il peut être versé dans dix heures de travail :

1° Dans la disposition pl. XI, fig. 2, C, sur l'échafaud, 300 wagons ou 450 m. cubes; par chacune des voies latérales 100 wagons ou 150 m. cubes; donc, en tout, 500 wagons ou 750 m. cubes;

2° Dans la disposition à deux échafauds, par chacun d'eux, 300 wagons, ou 450 m. cubes; par la voie du milieu 32 wagons ou 50 m. cubes; donc, en tout, 632 wagons ou 950 m. cubes;

3° Dans la disposition pl. XI, fig. 1, par chacun des 3 échafauds, 280 wagons ou 420 m. cubes, et sur chacune des voies intermédiaires, 30 wagons ou 45 m. cubes; donc, en tout, 900 wagons ou 1350 m. cubes;

4° Dans la disposition pl. XI, fig. 2, sur chacun des 4 échafauds, 250 wagons ou 305 m. cubes, sur *inko*, ensemble 47 wagons, et sur chacune des voies latérales de l'assise supérieure, 80 wagons ou 120 m. cubes; donc, en tout, 1200 wagons ou 1800 m. cubes.

Cependant, nous croyons que la quantité de 1350 m. cubes dans 900 wagons, envoyée dans une journée de 10 heures, de la tranchée à l'extrémité du remblai, n'a été dépassée jusqu'ici dans aucun chantier. Ce dernier résultat a été obtenu dans un chantier de terrassement du chemin de fer de Paris à Versailles. La tranchée a été exploitée en deux assises; le transport de l'assise supérieure se faisait par deux plans automoteurs, l'un à la suite de l'autre, jusqu'au niveau de l'assise inférieure du remblai, qui avait 9 m. de hauteur. La disposition des voies était semblable à celle que avons donnée pl. XI, fig. 1. La distance moyenne de transport était de 800 m., et le nombre de wagons en circulation dans le chantier, de 190.

Digitized by Google

MATÉRIEL DE TERRASSEMENTS EXÉCUTÉS PAR LE SECOND PROCÉDÉ.

I. — Voies.

Les rails qu'on emploie à la formation des voies de terrassement sont, ainsi que nous l'avons dit plus haut, tantôt les mêmes qui servent plus tard à l'établissement des voies définitives du chemin de fer; tantôt ils sont fabriqués exprès pour l'exécution des travaux de terrassement.

Nous avons déjà, dans la suite des notices que nous venons de donner sur les dispositions générales des chantiers de terrassement, indiqué les circonstances dans lesquelles l'emploi des rails définitifs peut être admis sans inconvénient, ou même présenter des avantages, savoir : dans l'établissement de toutes les voies sur lesquelles se fait un transport fréquent et régulier par des machines locomotives ou par des chevaux, ces voies n'ayant que très-rarement ou jamais besoin d'être déplacées, et ne contenant qu'un petit nombre de changements de voie. C'est donc sur la distance du transport du point de chargement au point de déchargement principalement, que l'emploi des rails définitifs peut avoir lieu, s'il n'y a pas eu de mesures particulières prises pour faciliter leur emploi dans le système de voies du point de chargement et de déchargement. Quant à la forme et aux dimensions de ces rails définitifs, nous n'avons pas à nous en occuper dans ces feuilles; nous parlerons donc des rails de terrassement proprement dits.

En Angleterre, où on est habitué, depuis assez longtemps, à l'emploi des chemins de fer à toute sorte de transport, chaque entrepreneur de grands travaux possède son chemin de fer portatif, qui fait, aussi bien que les outils les plus communs, partie de son matériel. Ces chemins de fer provisoires sont souvent formés de rails qui ont autrefois servi sur quelque chemin de fer définitif; dans ce cas, leurs dimensions, plus ou moins convenables, sont données, et on cherche à les adapter le mieux possible à leur nouvelle destination; souvent ils sont fabriqués exprès pour servir comme moyen de transport provisoire, et dans ce cas ils peuvent, par leur forme

et par leurs dimensions, satisfaire à toutes les conditions nécessaires à leur emploi dans les différentes circonstances. Les rails destinés à l'exécution des travaux de terrassement doivent être d'une force suffisante pour supporter le poids d'un wagon de terrassement, charge égale à 4000 kil., et d'une forme qui permette de les poser ou de les déplacer avec la plus grande facilité.

Planche XIII, Figure 1. Représente le profil d'un rail de terrassement à base large. Il pèse 22 kil. par mètre courant. La longueur du rail est de 4, 58. Il est, au moyen des crochets A, fixé sur des traverses à des distances de 0,90 environ d'axe en axe. Voyez l'ensemble B.

Planche XIII, Figure 5. Représente le profil d'un rail de terrassement simple, T; il pèse 17 kil. par mètre courant. La longueur des rails est de 4,20; il est fixé sur des traverses, à des distances de 8,84 environ, au moyen de chairs représentés fig. 7. Les chairs intermédiaires ont 0,075, les chairs de jonction des rails 0,10 de largeur, sur une longueur de 0,20. Le rail est fixé dans le chair au moyen d'une clavette en fer de 0,022 environ d'épaisseur, que l'on serre avec un seul coup de marteau. Les chairs sont fixés sur les traverses, chacun par un seul clou, de la forme *c*, afin que le chair puisse tourner sur la traverse, et s'appliquer contre le rail, si par hasard la traverse ne se trouve pas placée tout à fait perpendiculairement à la direction de la voie.

Les deux rails fig. 1 et fig. 5 ont été employés dans plusieurs chantiers de terrassement en Angleterre. Lorsqu'on ne peut pas disposer de rails de terrassement de l'un ou de l'autre de ces profils, on peut établir les voies avec des barres de fer carrées, telles qu'on les trouve dans le commerce.

Les rails fig. 2 et fig. 3, dont le premier pèse 15,5, le second 10,5 kil. par mètre courant, ont servi sur des chantiers anglais. On les avait fixés sur les traverses avec des chairs semblables à fig. 7, et avec des clavettes. L'écartement des traverses était, pour le premier profil, de 0,75, pour le second, de 0,65 environ.

Le rail fig. 4 à été employé sur un chantier de terrassement du chemin de fer de Paris à Saint-Germain; il pèse 8,5 kil. par mètre courant. Il a été entaillé dans les traverses et fixé avec des cales en bois, ainsi qu'il est

Digitized by Google

indiqué dans l'ensemble E. La saillie du rail sur la traverse étant 0,025 = la saillie du bord des roues de wagons. L'écartement des traverses n'était que de 0,60; mais, néanmoins, ce rail a été trouvé trop faible.

Les traverses portant les voies de terrassement sont, par la dimension et par la qualité du bois employé, inférieures aux traverses définitives. Du bois rond de toute espèce et scié en deux, sans enlever l'écorce; la surface plate se trouve placée sur le sol, et la surface ronde est entaillée le moins possible, pour recevoir les chairs ou les rails immédiatement. La plus grande largeur qu'on leur donne généralement est, pour les traverses intermédiaires, 0,18 = 0,20, pour celles de jonction des rails 0,22 = 0,24.

Le rail fig. 6, pesant 13 kil. par mètre courant, est fixé, avec des clous à tête noyée, sur des longrines qui sont supportées, à des distances égales à la longueur d'un morceau de rail, par des traverses. Ce rail a été employé dans quelques chantiers en Angleterre; mais il a l'inconvénient de se couvrir facilement de boue et de pierrailles, et de causer par cela même beaucoup de sujétion pour la circulation des wagons.

Les changements de voie de terrassement sont établis d'après les mêmes principes que les changements définitifs. Le degré de solidité et de perfection qu'on apporte dans leur établissement dépend du mode de transport auquel ils doivent servir.

Lorsque le changement de voie sert pendant longtemps à un transport de longs trains de wagons, fréquent et régulier, par des machines locomotives ou par des chevaux, sans avoir besoin d'être déplacé, on l'établit tout à fait ou à peu près sous l'angle et dans les dimensions qui ont été adoptés pour la disposition des changements de voies définitifs. Tous les changements placés sur la distance du transport du point de chargement au point de déchargement, devant être combinés ordinairement avec des rails définitifs, se trouvent dans ce cas.

Il en est ainsi du changement de voie provisoire pl. XIV, qui a servi dans les travaux de terrassement du chemin de fer de Paris à Saint-Germain. La voie *h*, sur notre planche, étant la voie générale, *g* la voie d'embranchement, on procède, pour déranger le moins possible le service de la première, à l'établissement de cette dernière, de la manière suivante : On

commence par placer sur les points A et B, dans l'intervalle, entre les traverses de la voie principale, les traverses du croisement au niveau indiqué dans le dessin. On enlève ensuite successivement les trois morceaux de rails de la voie principale, que l'on remplace par les appareils du croisement, qui sont de la longueur d'un rail. Cela fini, on pose le prolongement de l'embranchement de la manière habituelle; les rails doubles T, qui ont servi pour le reste des voies, sont remplacés, sur la longueur des pièces de croisement, par des rails à large base, sans chairs, pour faciliter la pose des traverses du croisement. Ce croisement étant tout à fait semblable aux croisements les premiers inventés, la manière de s'en servir n'a pas besoin d'explication. L'aiguille mobile se déplace au moyen d'une pince.

Lorsque le changement de voie ne sert qu'au transport de wagons isolés ou en trains très-courts, et lorsqu'il a besoin d'être déplacé fréquemment, il devient nécessaire que ce déplacement puisse se pratiquer avec une facilité extrême, et sans déranger le service sur la voie principale; on les établit alors sous un angle plus fort et dans des dimensions plus faibles que le changement pl. XIV. Tous les changements de voie appartenant aux systèmes de voies sur le point de chargement et de déchargement, se trouvent dans ce cas.

Planche XV, Figure 1. Représente un changement de voie qui a été employé sur plusieurs chantiers de terrassement du chemin de fer de Londres à Bristol. Les plaques A et B, portant les aiguilles mobiles et fixes, sont en fonte, les aiguilles mobiles en fer forgé. Les rails avec lesquels ce croisement a été combiné, sont semblables à celui représenté fig. 5, pl. XIII. Au reste, la disposition de ce croisement ne satisfait pas aux conditions, en ce que la longueur des plaques en fonte n'est pas commensurable avec la longueur d'un rail, ce qui oblige, ou bien à couper ces derniers inutilement, ou bien à enlever, sur une grande longueur, la voie principale, pour intercaler le changement.

Cet inconvénient est évité dans le changement pl. XVI; il est combiné avec des rails définitifs, dont les pièces sont de la longueur d'un demi-rail. Les aiguilles mobiles se trouvent sur un cadre en bois portatif qui se pose sur deux traverses de la voie principale, que l'on écarte, à ce but, de 2,50. Le mouvement des aiguilles mobiles se produit par le levier A.

Digitized by Google

Planche XV, Figure 2. Représente un changement de voie provisoire, qui a été employé dans quelques chantiers de terrassement du chemin de fer de Londres à Southampton, et qui satisfait mieux que tout autre à la condition d'un emploi facile. Il est combiné avec des rails à large base semblable à fig. 1, pl. XIII. Il surmonte les rails de la voie principale, au lieu de se trouver avec elle dans le même plan, comme les changements que nous venons de décrire. Les deux morceaux de rails du point C sont rendus mobiles, ainsi qu'il est indiqué sur le dessin, par l'écartement des crochets qui les fixent sur les traverses; ils glissent sur ces traverses dans le plan de la voie principale, et se placent tantôt dans le prolongement de la voie principale, tantôt de la voie d'embranchement. Un troisième morceau de rail mobile glisse en D sur un des rails de la voie principale, et se trouve, par conséquent, de la hauteur d'un rail plus haut que cette dernière. La différence de niveau entre les points C et D, qui en résulte, oblige alors de poser les morceaux de rails du changement qui se trouvent entre les deux points, en rampe, sur des cales, ajustées aux traverses de la voie principale. La hauteur d'un rail étant de 0,086, la distance du morceau de rail C au morceau de rail D = la longueur de deux morceaux de rail = 9,16; on obtient donc une rampe qui n'est pas tout à fait de 0,01, et qui, sur une si faible longueur, n'est pas un obstacle, même pour le transport par une machine locomotive.

Les croisements de voies de terrassement se composant de pièces semblables à la pièce fixe d'un changement sous l'angle voulu, leur disposition ne présente aucune difficulté particulière.

II. — Wagons de terrassement.

Les perfectionnements apportés dans l'organisation des chantiers de terrassement, et les expériences faites jusqu'à ce jour, ont conduit aussi à des modifications importantes dans la construction des wagons dont on se sert pour le transport des terres.

Le wagon de terrassement se compose de deux parties bien distinctes,

le châssis avec les roues et la caisse. Les quatre roues de wagons sont fondues chacune d'un seul morceau et fixées à leurs essieux en fer forgé qui tournent dans deux boîtes en fonte. Le diamètre qu'il convient, d'après les expériences faites, de donner aux roues, est de 0,75; la force de l'essieu est déterminée par la largeur de la voie et la position des boîtes à essieu en dedans ou en dehors des roues. Il est dans la plupart des wagons que nous avons examinés, de 0,75 pour une largeur de voies de 1,50. Deux des quatre roues du wagon et quelquefois toutes les quatre peuvent être arrêtées par un frein à levier qui se trouve sur un côté du wagon.

Sur les boîtes à essieu du wagon repose un châssis qui est formé de deux longrines et deux traverses maintenues dans l'angle droit par une croix Saint-André en bois ou en fer. Ce châssis porte sur des pièces de bois superposées les charnières de bascule de la caisse. La caisse est composée de madriers de 0,035-0,04 d'épaisseur, ceux qui forment le fond de la caisse sont placés dans la direction dans laquelle la caisse verse sa charge. Le devant de la caisse, auquel on donne 0,10 à 0,15 de plus de largeur qu'au derrière, pour faciliter le versement, forme une porte qui se rabat ou qui s'ouvre par un mouvement simple de l'ouvrier avant de basculer la caisse. Les dimensions que l'on donne le plus généralement à la caisse pour ne pas augmenter trop la hauteur du wagon, sont 1,80-2,00 de longueur, à peu près autant de largeur, sur une profondeur de 0,35-0,40; son contenu, lorsqu'il est bien chargé, est de 1,5 cent. environ.

La caisse doit être placée sur le châssis de manière à distribuer sa charge également sur les quatre roues, ce qui détermine la position des boîtes de bascule par rapport au châssis. La caisse ne doit pas être placée parfaitement en équilibre sur les boîtes de bascule; mais elle doit être maintenue dans sa position horizontale par un surplus de charge de 25 kil. environ, qui puisse être vaincu aisément par la force des deux ouvriers occupés à basculer les wagons, parce qu'il ne serait pas prudent de trop compter sur la serrure de bascule, celle-ci pouvant manquer pendant le transport et par suite laisser basculer le wagon. L'angle de bascule de la caisse doit être de 45, afin qu'elle se vide toute seule étant basculée; lorsque l'angle est plus petit, on est obligé de retirer une partie des terres à la pioche, ce qui occasionne des pertes de temps considérables, au point de déchargement. Une

Digitized by Google

des parties les plus importantes d'un wagon sont les heurtoirs qui servent à accrocher les wagons les uns aux autres pour en former un train et à recevoir les chocs produits lorsque les wagons partent ou s'arrêtent. Ces heurtoirs peuvent être formés par la prolongation des longrines du châssis ou de celles qui supportent le fond de la caisse, mais, dans tous les cas, ils doivent avoir la longueur qui est nécessaire pour maintenir les caisses d'un train de wagons à une distance de 0,35-0,45, afin que les ouvriers qui accompagnent les trains puissent se mettre avec sûreté dans cet intervalle.

Le wagon doit être construit de manière à pouvoir servir au besoin tantôt de wagon versant de côté, tantôt de wagon versant par devant : on arrive à ce résultat par un simple déplacement de la caisse sur le châssis, et enfin la hauteur totale du wagon ne doit pas excéder 1,60 pour ne pas rendre la charge difficile.

Nous venons de poser les principales conditions à remplir dans la construction d'un wagon de terrassement; mais un simple essai graphique démontre l'impossibilité de satisfaire à toutes ces conditions dans la même solution du problème. C'est pour faire voir jusqu'à quel point on peut s'en écarter, sans des inconvénients trop graves pour le service, que nous allons donner, sur les planches suivantes, les dessins détaillés des trois meilleurs wagons de terrassement que nous ayons pu examiner et mesurer.

Planche XVII. Représente un wagon qui a servi à l'exécution des travaux de terrassement sur plusieurs districts du chemin de fer de Londres à Birmingham. Il verse par devant; mais, au moyen des modifications indiquées sur pl. XVIII, il peut verser de côté sous un angle de 0,35 à 0,40, sans qu'il soit nécessaire, pour arriver à ce résultat, de changer aucune des pièces principales de sa construction. Dans ce wagon les heurtoirs se trouvent au châssis.

Planche XIX. Représente les pièces en fonte; les trois fentes, dans le moyeu de la roue, sont ménagées dans le moule, afin que la roue puisse, en refroidissant, prendre sa tension naturelle sans rompre les rais. Les cercles, en fer forgé, placés, le calage se fait avec une seule clavette de 0,012 sur 0,012 qui est entaillée dans le moyeu et dans l'essieu, la concentricité parfaite n'étant pas d'une grande importance.

Digitized by Google

Planche XX. Les pièces forgées des ferrures du wagon.

Le dernier modèle de ce wagon auquel ont été appliquées les expériences faites pendant quelques années et d'après lequel notre dessin est fait, remplit en général les conditions du service, mais on peut lui reprocher de ne pas être assez simple.

Un autre wagon qui a été employé sur plusieurs chantiers de terrassement du chemin de fer de Londres à Bristol, est représenté, pl. XXI, versant exclusivement par devant, et dans la pl. XXII, versant de côté sous un angle de 30-35. Dans ce wagon les heurtoirs sont placés sons la caisse.

Planche XXIII. Représente les pièces de fonte; pour assembler la roue avec l'essieu, on remplit le jeu de ce dernier dans le moyeu avec du bois dans lequel on chasse ensuite des coins tranchants en fer.

Planche XXIV. Les pièces de forge des ferrures de ce wagon.

Ce modèle de wagon est, pour la disposition générale tout aussi bien que pour les détails, le meilleur de tous ceux que nous ayons trouvés en Angleterre et ne laisse à désirer qu'un poids moins démesuré des pièces de fonte.

Les frais de construction d'un wagon, de l'un ou de l'autre modèle, près de Londres, est de 650 à 675 fr.

Planche XXV. Représente le wagon employé dans les travaux de terrassement du chemin de fer de Paris à Saint-Germain. Il verse par devant et par le déplacement de la caisse sur le châssis indiqué, par des lignes ponctuées, dans le plan de ce dernier; il peut verser de côté sous un angle de 45°. Les heurtoirs se trouvent, dans ce wagon, au châssis.

Planche XXVI. Représente les principales ferrures du wagon.

Ce modèle de wagons, étant également le résultat d'une série d'expériences, est supérieur aux précédents sous plusieurs rapports; mais on lui reproche le trop faible diamètre des roues, et l'on a augmenté de 0,01 le fond de la caisse dans les wagons dernièrement construits.

Le poids de la fonte du wagon est de.	328
Le poids du fer forgé.	272
Donc le poids total des ferrures	600

Et les frais de construction d'un de ces wagons, à Paris, de 600 fr.

Digitized by Google

Il nous reste à déterminer, pour les différentes circonstances, le nombre de wagons de terrassement nécessaire pour pouvoir donner aux travaux d'un chantier de terrassement la plus grande activité possible. Nous avons vu plus haut que la quantité du travail fourni, n'est limitée que par l'organisation des travaux sur le point de déchargement, parce qu'au point de chargement on peut toujours trouver le moyen de satisfaire aux demandes faites. Nous prenons donc pour exemple la disposition de voies de déchargement, pl. V, fig. 1.

Il peut être déchargé sur chacune des quatre voies de ce système 120 wagons dans une journée de 10 heures de travail, donc 1 wagon dans 5 minutes. Le transport de wagons se faisant sur une distance de 2,000 m., par des chevaux, ce même wagon sera ramené au point de stationnement des wagons vides dans la tranchée en 30 minutes, il faudra ensuite 15 minutes au minimum pour le conduire de là dans une des tailles de la tranchée, le faire charger par quatre chargeurs et le reconduire dans la voie de stationnement des wagons chargés, de là enfin 30 minutes pour le ramener dans la voie de stationnement des wagons chargés, à l'extrémité du remblai, et il se trouvera prêt à être déchargé pour la seconde fois au bout de 80 minutes. Mais pendant ce temps on a déchargé après ce wagon, et sur la même voie, 15 autres wagons : nous avons donc un nombre de 16 wagons nécessaire au minimum pour occuper sans interruption une des quatre voies de déchargement et de 64 wagons pour les quatre voies. Mais, pour obtenir ce chiffre, nous avons supposé que le service se faisait avec une régularité et une promptitude qui ne peut jamais être obtenue en pratique, et l'expérience enseigne que ce chiffre de temps doit être augmenté de la moitié, au moins, si l'on veut prévoir toutes les interruptions du service. En outre nous avons à ajouter le nombre de wagons qui se trouvent habituellement hors de service pour des réparations plus ou moins importantes; ce nombre ne peut être évalué à moins d'un cinquième du nombre total. Nous trouvons donc que le nombre de wagons occupés sur le chantier comme réunissant toutes les conditions que nous avons demandées, est de 120.

Lorsque le transport des wagons se fait au moyen d'une machine locomotive, dont la vitesse, sur les voies provisoires, est à peu près de 24000 m. par heure, le wagon est transporté à la distance de 2000 m. en 5 minutes

Digitized by Google

et se trouve au bout de 30 minutes dans la voie de stationnement du remblai prêt à être déchargé une seconde fois. Le minimum de wagons nécessaire pour occuper les quatre voies est donc dans ce cas, de 24 et de 30, en y comprenant les wagons en réparation. Mais d'après les expériences faites, ce nombre doit au moins être doublé et porté à 60, afin que le service, dans ce cas, n'éprouve pas d'interruptions.

Il résulte de là que l'emploi d'une machine locomotive, pour le transport, présente l'avantage de réduire considérablement le matériel de terrassement. Supposons que chaque train, remorqué par la machine locomotive et satisfaisant aux conditions posées ci-dessus, soit composé de 24 wagons de terrassement, ce n'est qu'au bout de 30 minutes que ce nombre de wagons aura été déchargé et mis en stationnement à l'extrémité du remblai; mais la machine locomotive ne mettant que 10 minutes à aller et revenir sur la distance de 2000 m., il est évident que les deux tiers de sa force seront perdus et qu'il faudra une distance de transport de 6000 m. ou bien un nombre de 72 wagons déchargés en 30 minutes pour absorber cette force de la machine. Il en résulte donc que l'avantage que l'on tire de l'emploi d'une machine locomotive pour transport augmente en raison de la distance à parcourir et de la quantité de travail fourni dans un délai donné, et que, par conséquent, cet avantage doit disparaître dans les travaux de ce genre exécutés sur une petite échelle.

FIN.

644443

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES,

AVEC CONCORDANCE DU TEXTE ET DES PLANCHES.

	Figures.	Planches.	Pag.
AVANT-PROPOS.			5
Profils en long et en travers du chemin de fer de Saint-Germain.	1 et 2.	I.	7
§ Ier. Procédé pour l'exécution des terrassements par dépôts et emprunts.			9
Tranchée exploitée par ce procédé, avec tombereaux et brouettes.	3.	I.	id.
Formation d'un remblai avec brouettes.	2.	II.	id.
Disposition générale d'un atelier de terrassement avec plans inclinés.	1.	III.	10
id. plus complète.	2.	III.	11
id. avec plaque tournante.	3.	III.	12
id. sur une plus grande échelle, avec machine à vapeur fixe.	1.	IV.	13
Indication des wagons de terrassement chargés, vides, en chargement ou en déchargement.		IV.	14
Détermination des profils en travers des cavaliers d'une tranchée.	1.	II.	15
id. id. d'un remblai.	2.	II.	16
§ IIe. Procédé pour l'exécution des terrassements en compensant les déblais par les remblais.			id.
Points principaux d'un chantier de terrassement.	2.	IV.	id.
	1, 2, 3.	VIII.	26
A. Point de chargement; organisation des travaux.	2.	VI.	17
Disposition générale d'une exploitation commencée en plusieurs points.	1.	V.	20
id. détaillée des voies employées dans ce but.	2.	VI.	id.
Disposition de voies adoptées pour faciliter la circulation des wagons.		VII.	22
		V.	25
Service des wagons sur différentes voies.		VI.	24
		VII.	25
B. Organisation pour le transport.			26
id. par machine locomotive.	2.	IV.	id.
Transport par chevaux.	1.	V.	id.
id. sur un plan incliné, avec poulie en charpente.	2.	V.	27
	1.	VIII.	28
Construction d'une poulie et de ses accessoires.		IX.	id.

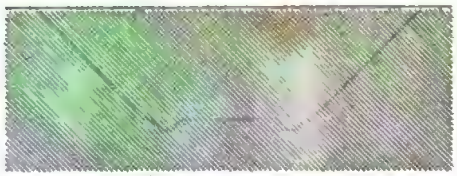
Digitized by Google

Digitized by Google

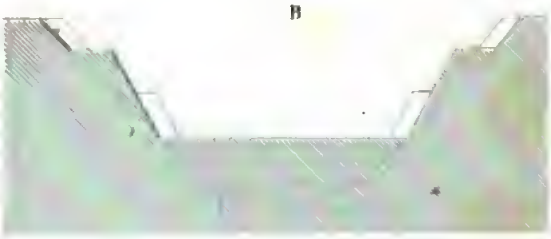
Fig 1

0,01

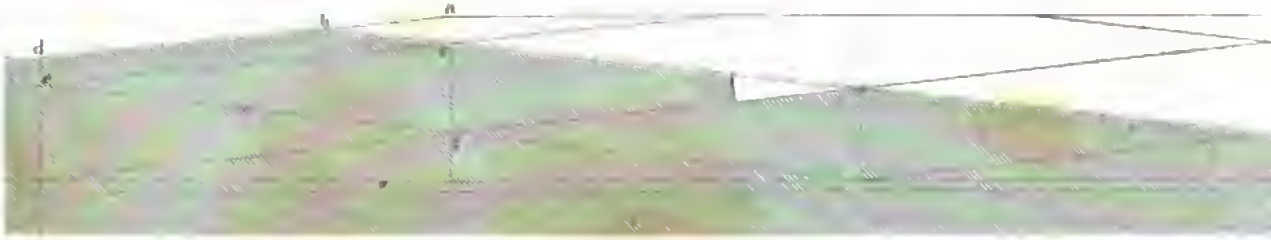
A



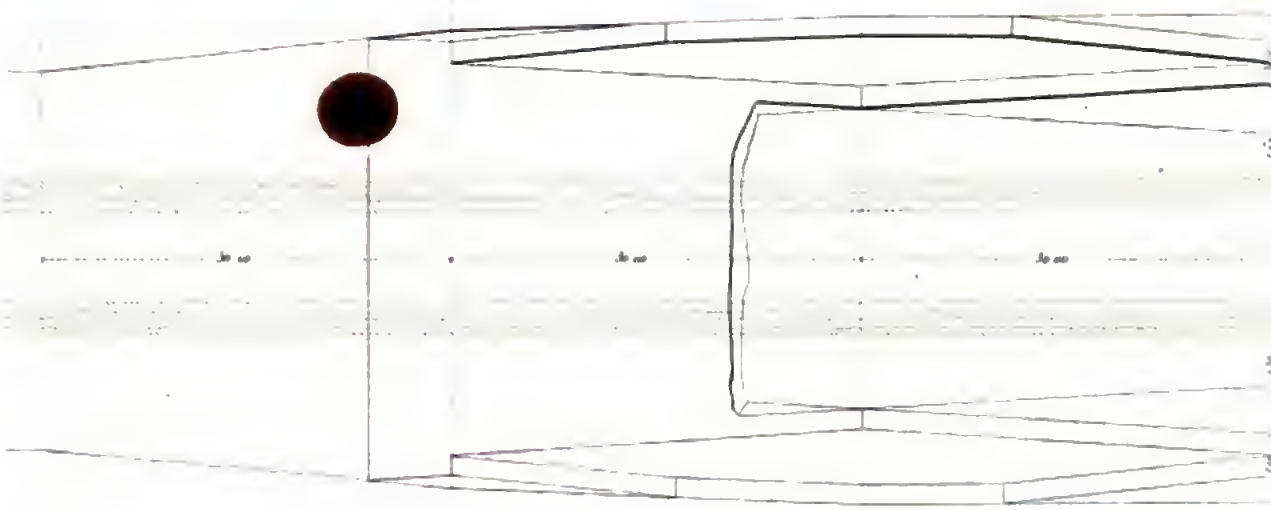
B



Fig

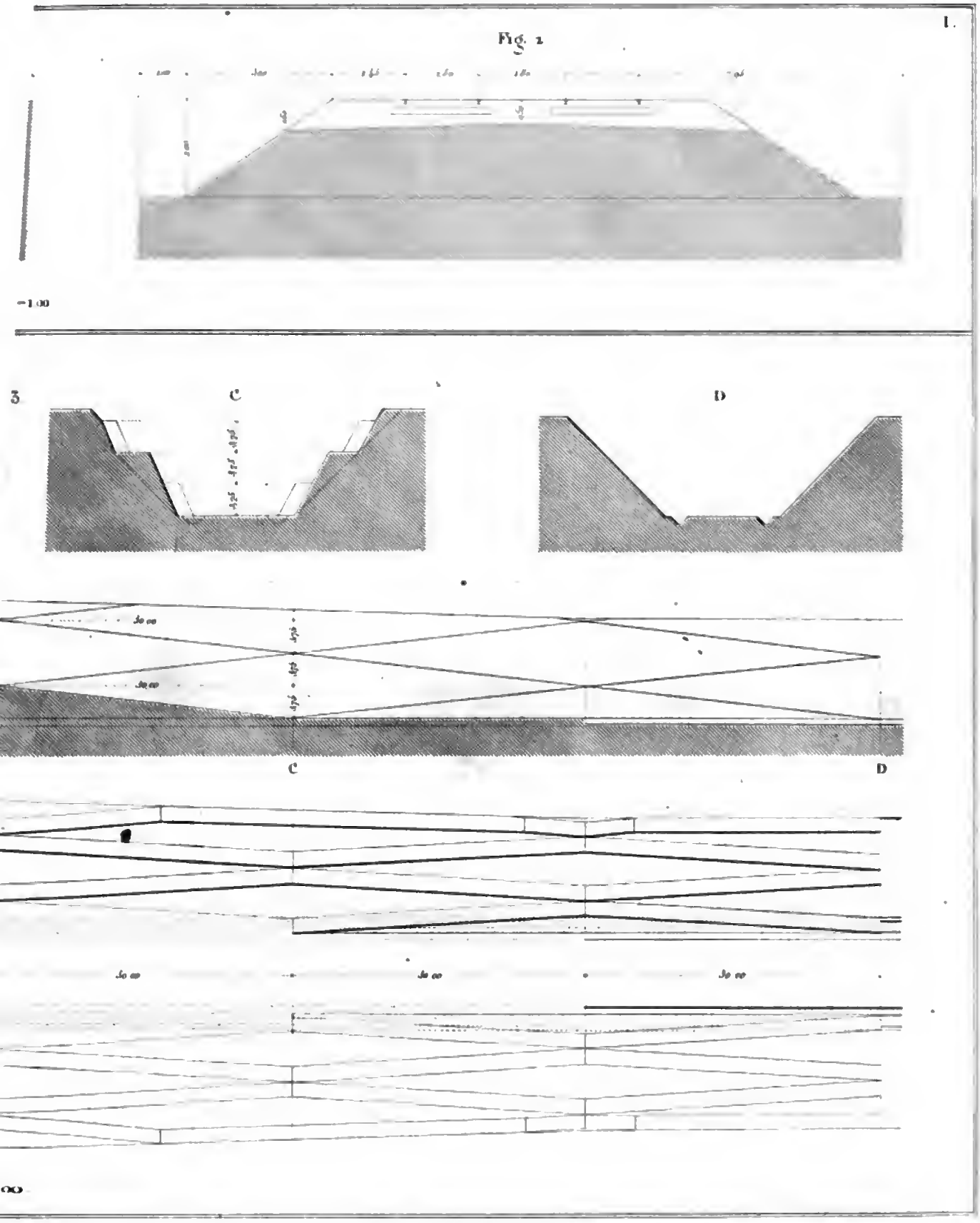


A



0,00

Digitized by Google



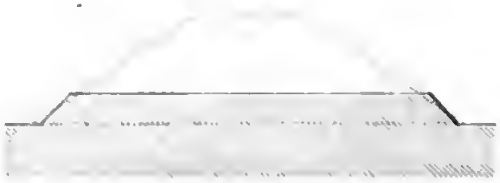
Digitized by Google

Digitized by Google

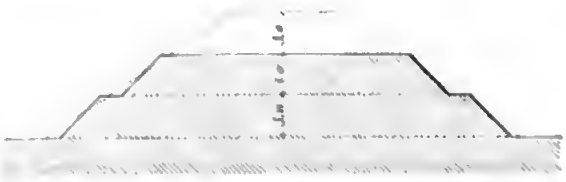
Digitized by Google

Fig 1

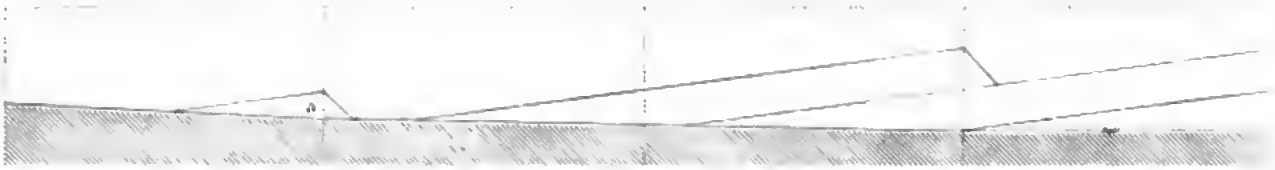
A



B

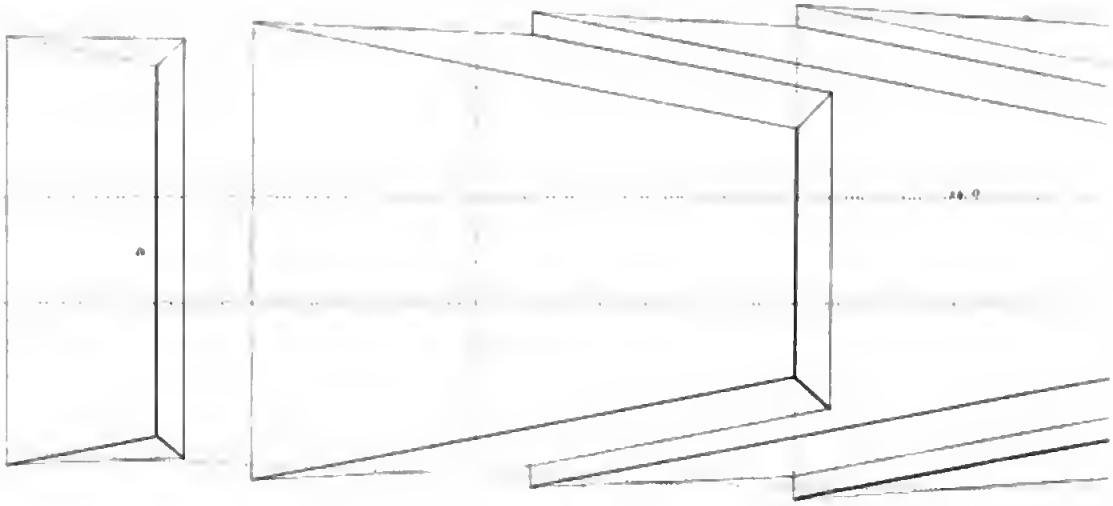


Fig



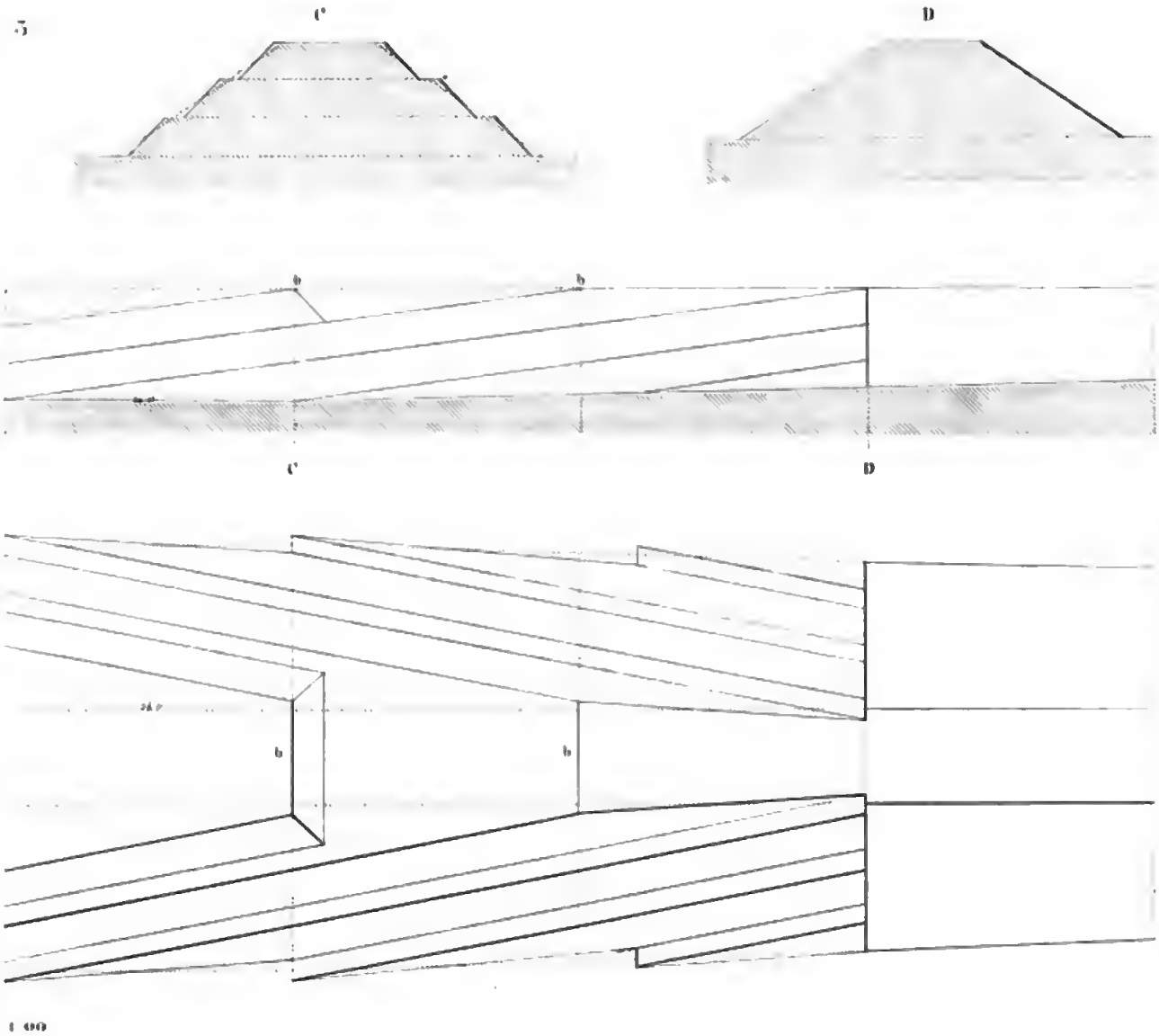
A

B



Digitized by Google

Fig 2



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

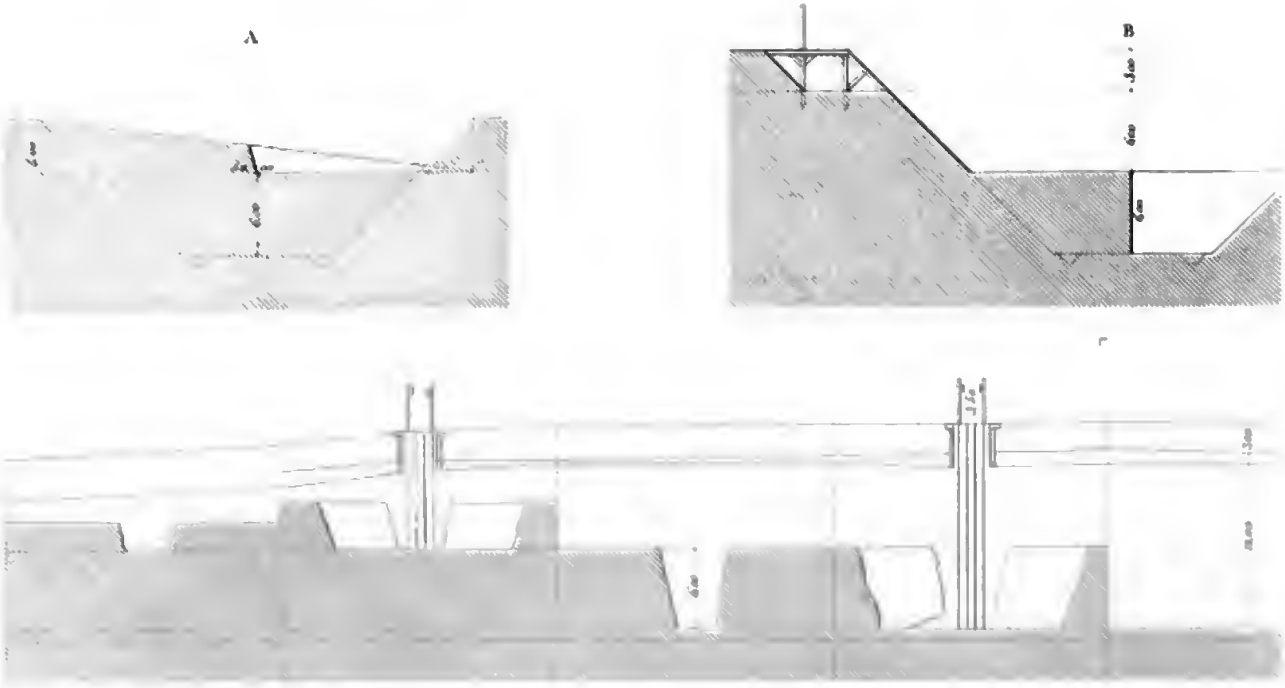
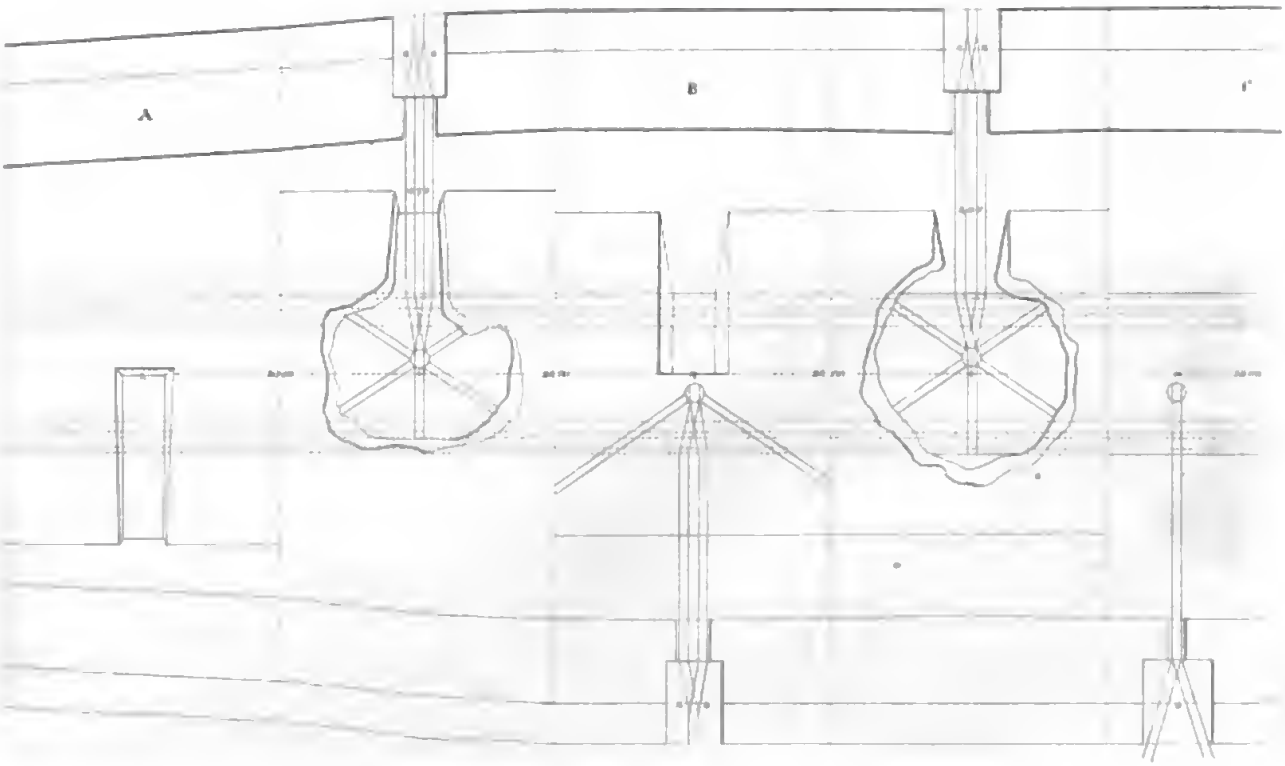
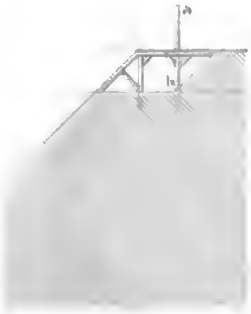


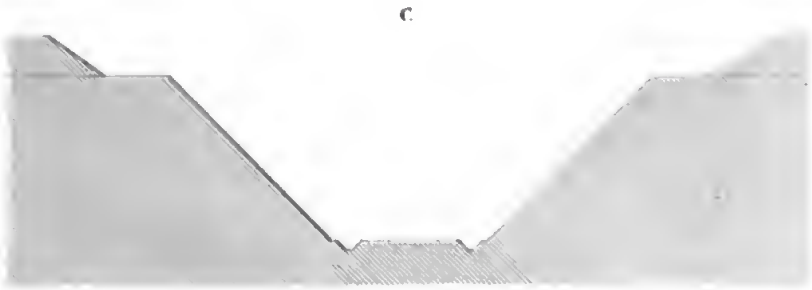
Fig 3



0,002 = 1,c

Digitized by Google





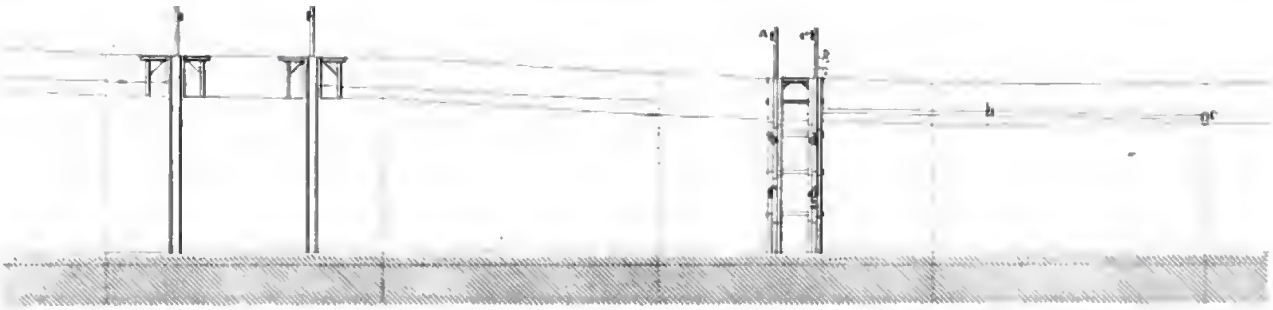
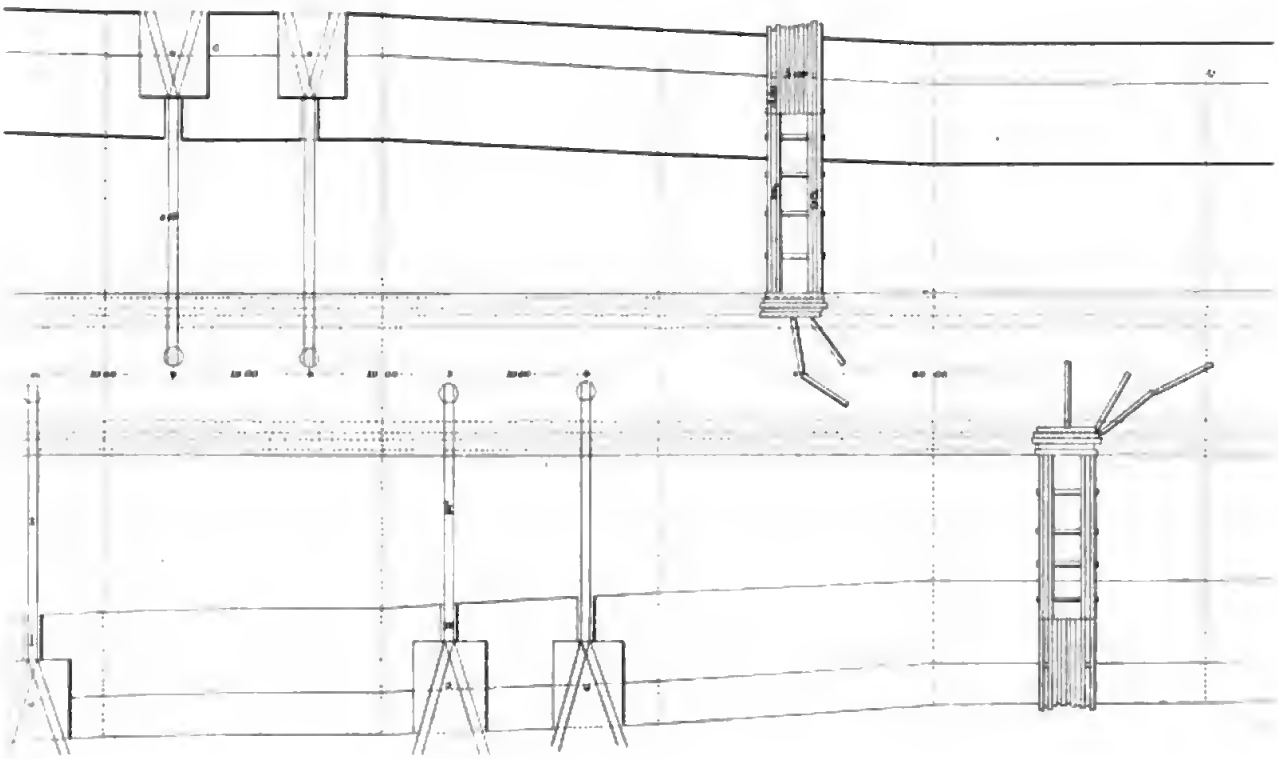


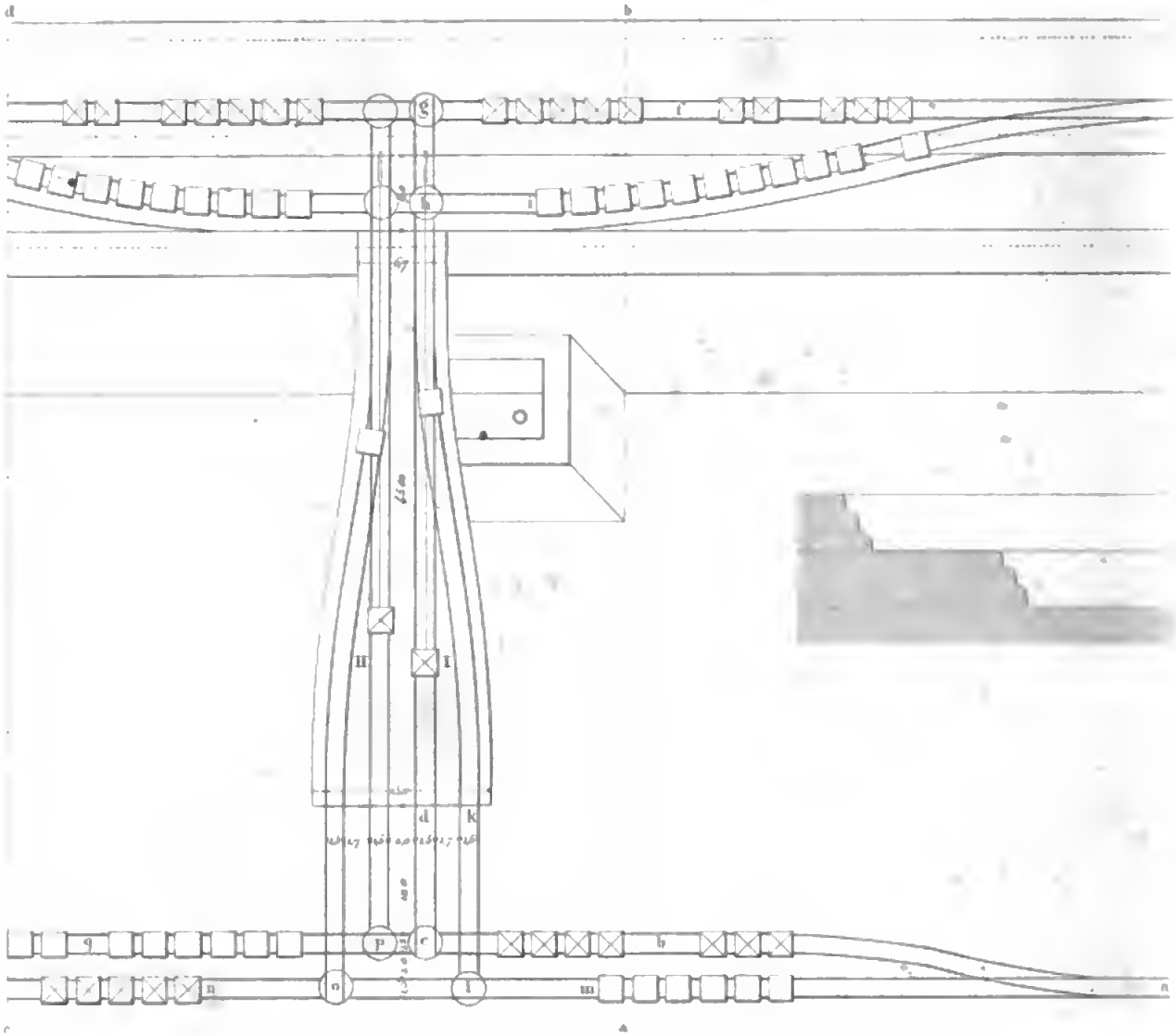
Fig 2 Fig 1



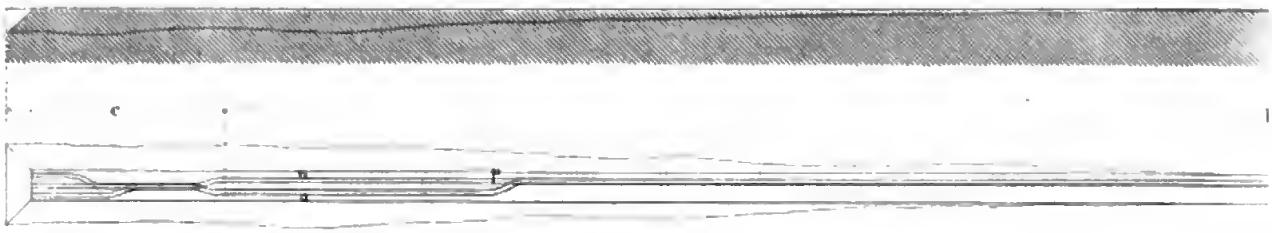
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

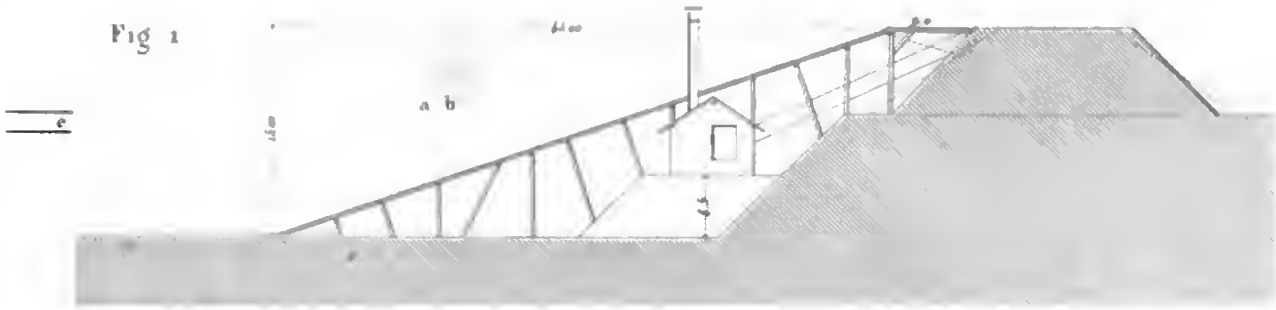


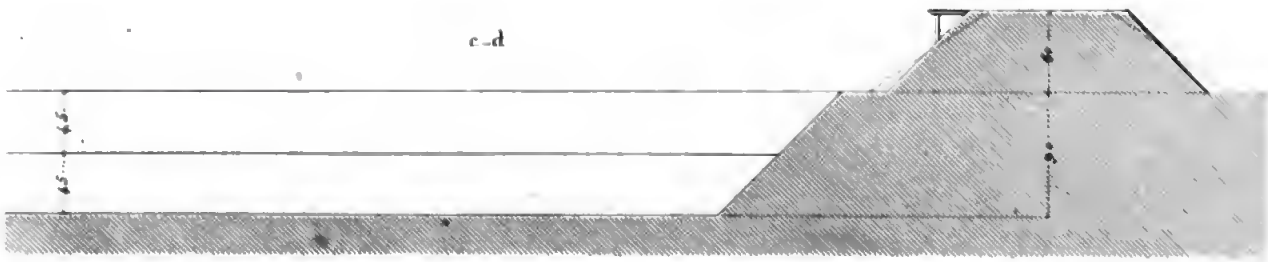
Fig

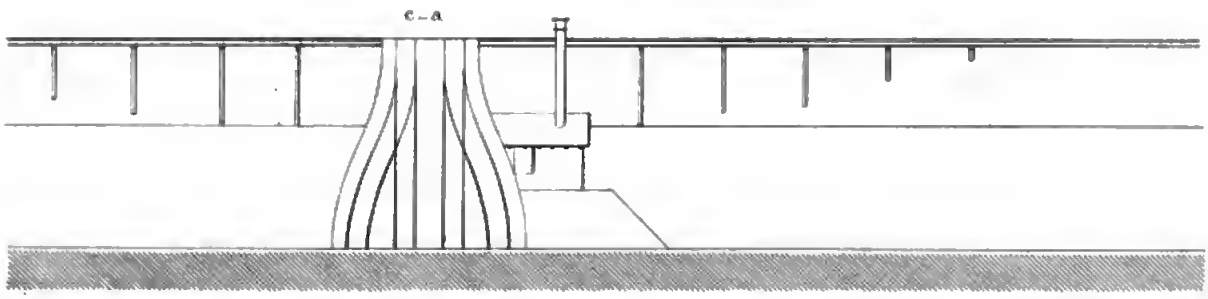


Digitized by Google

Fig 1

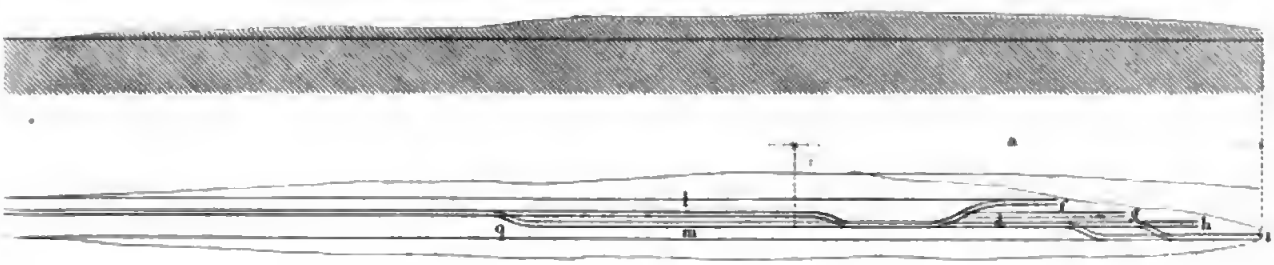






-1.00

2

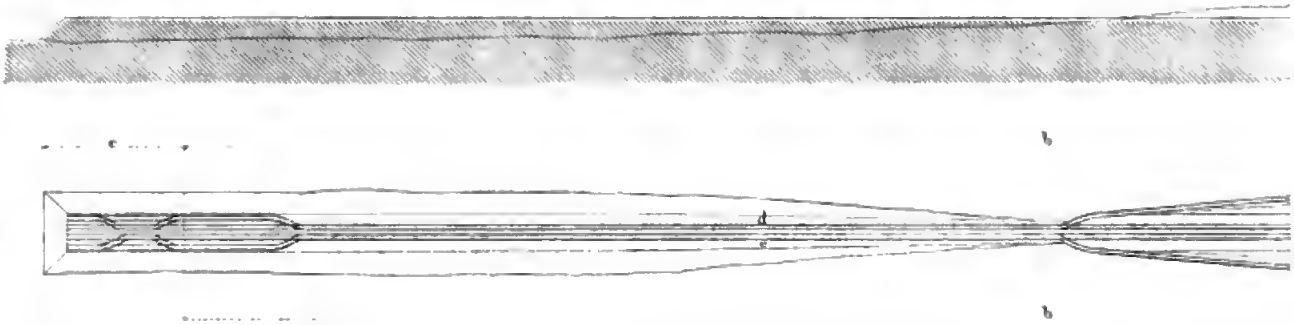


Digitized by Google

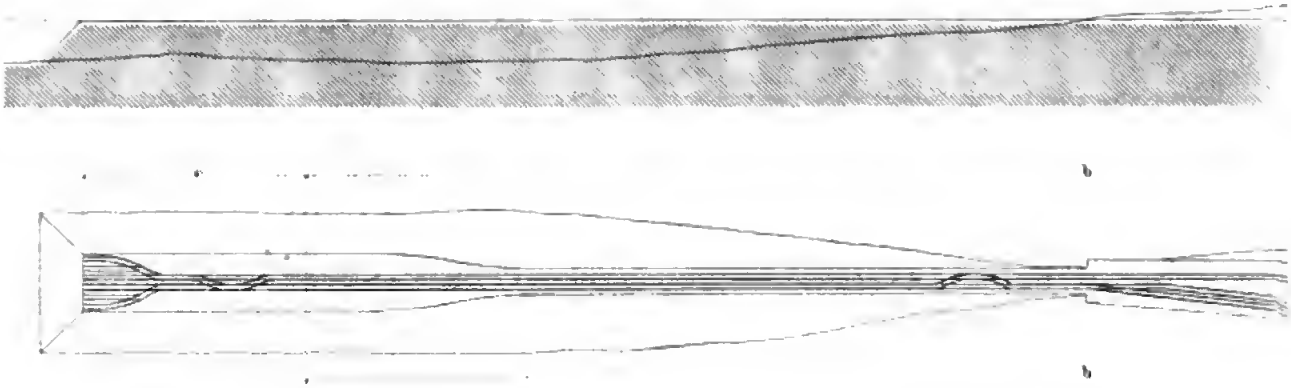
Digitized by Google

Digitized by Google

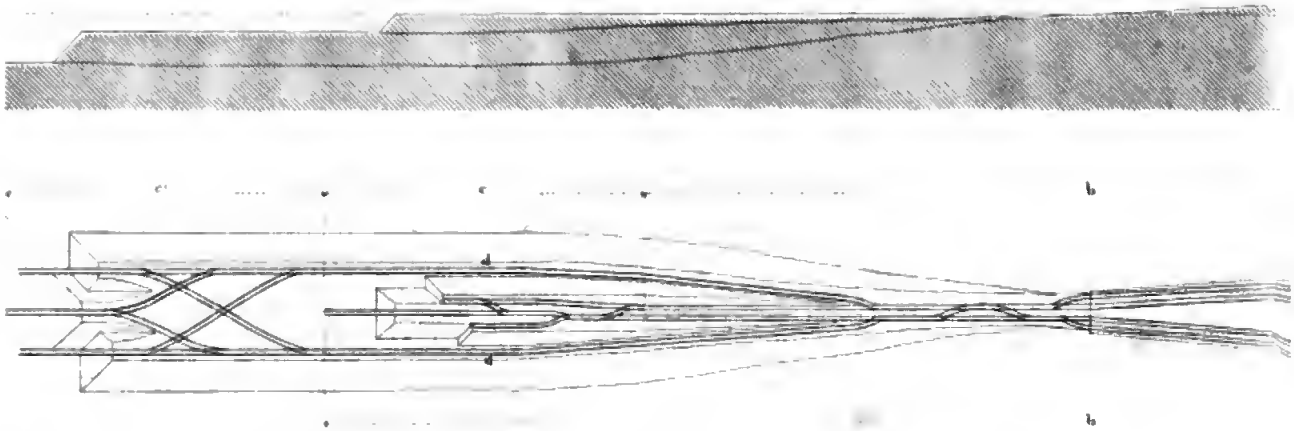
Fig



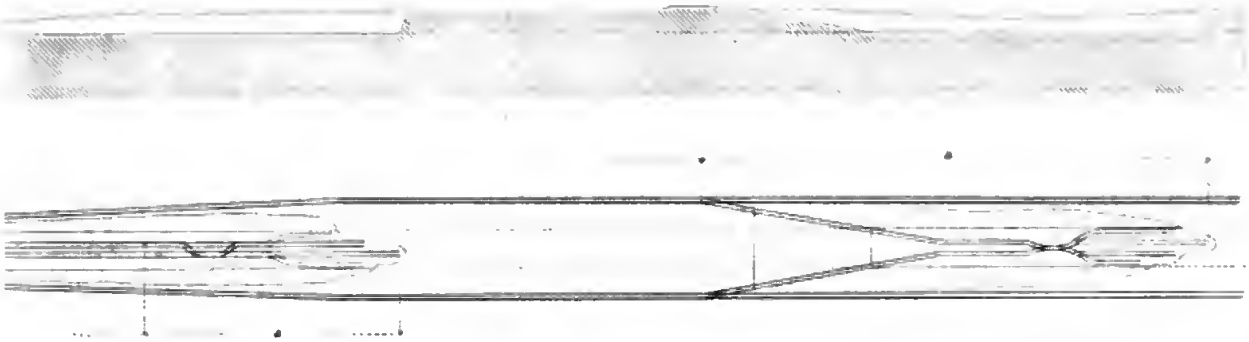
Fig

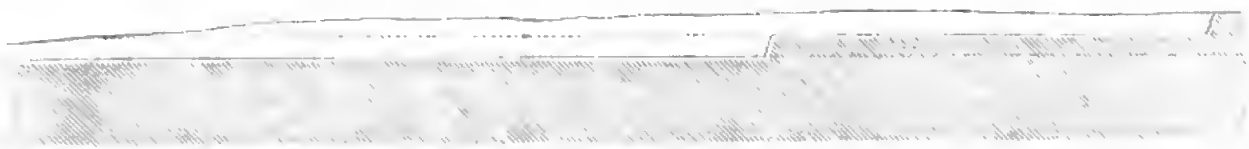


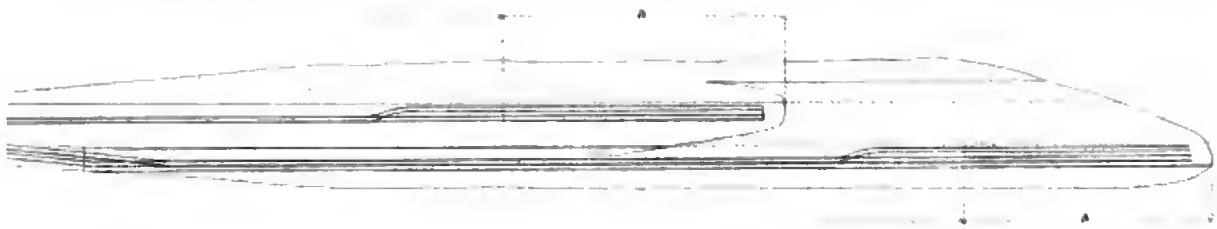
Fig

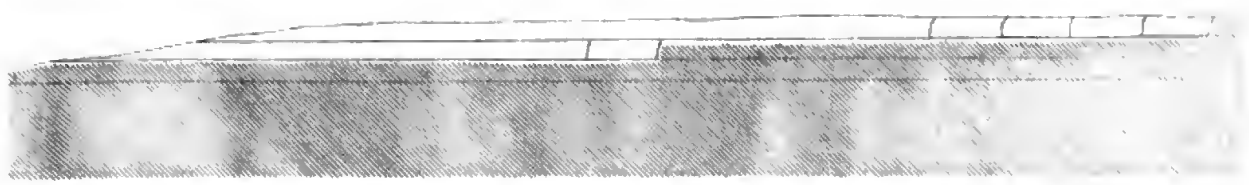


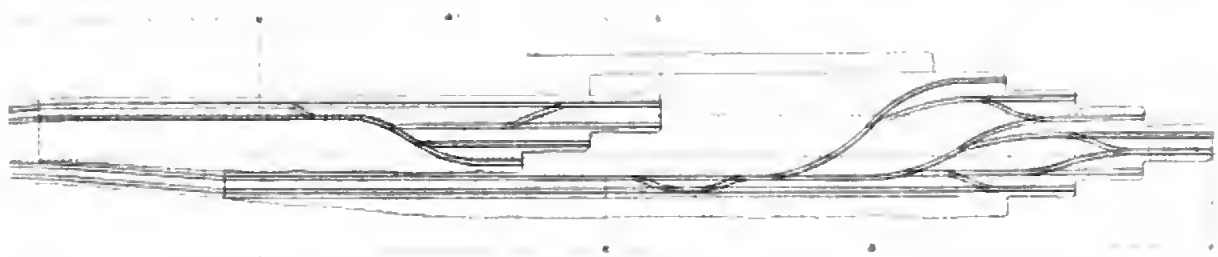
Digitized by Google





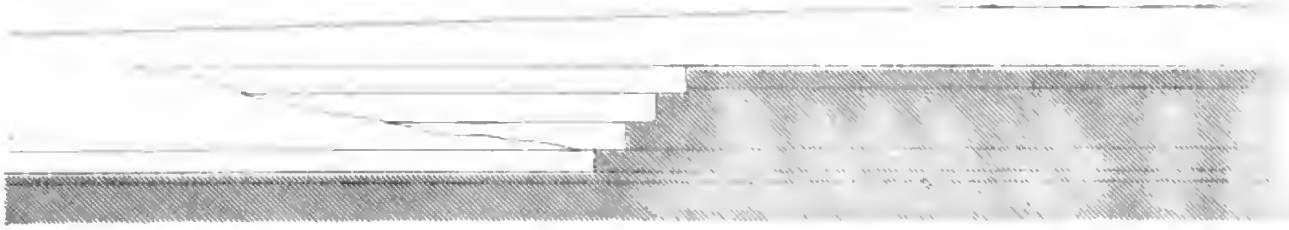


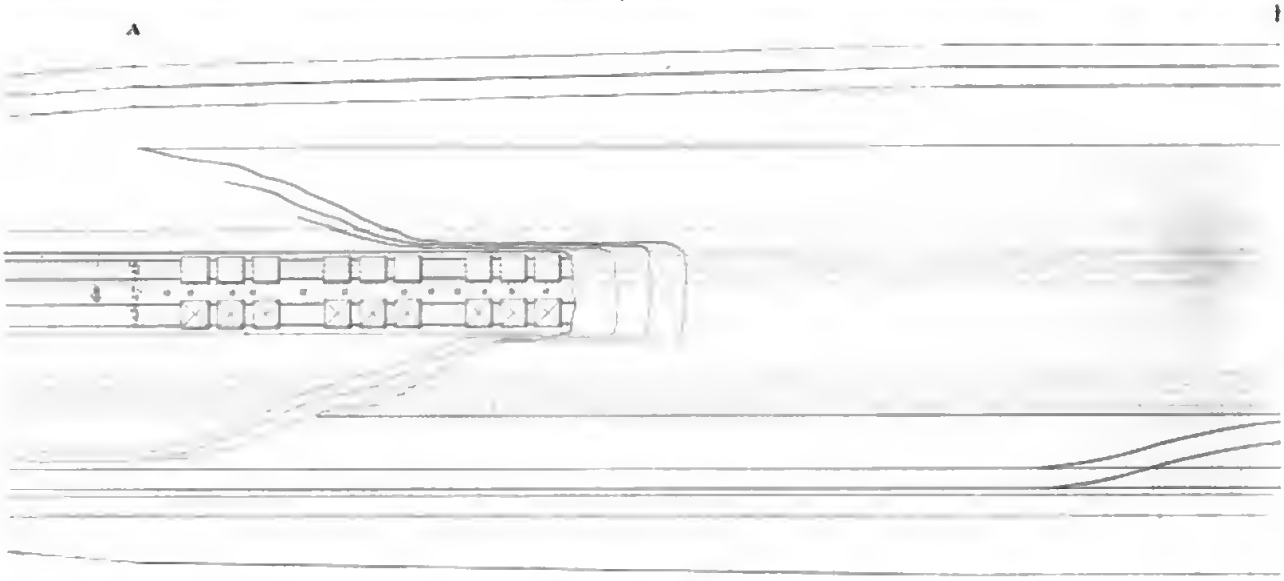


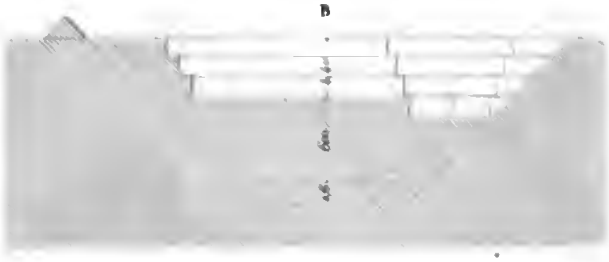


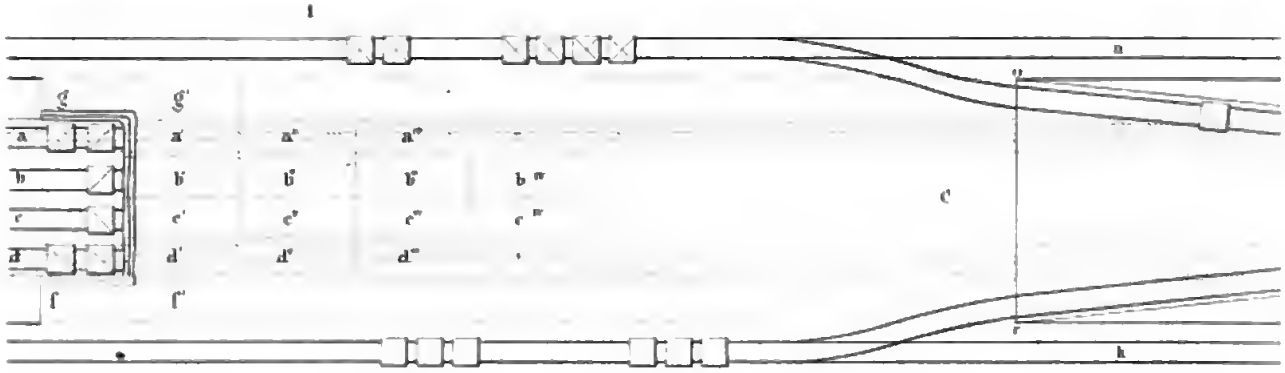
Digitized by Google

Digitized by Google

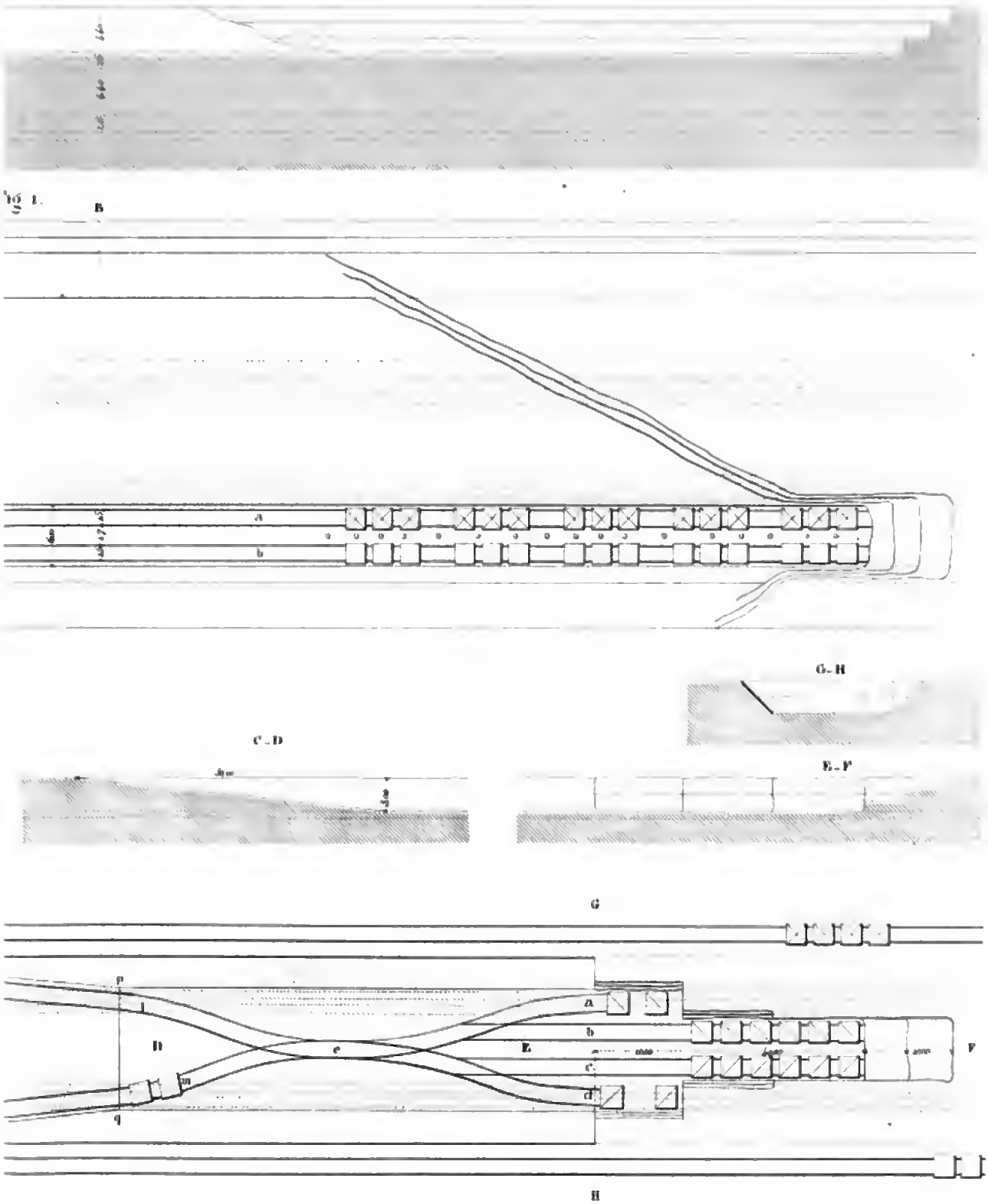








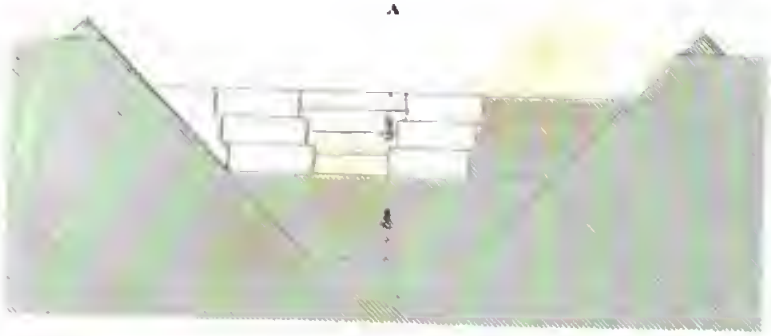
Digitized by Google

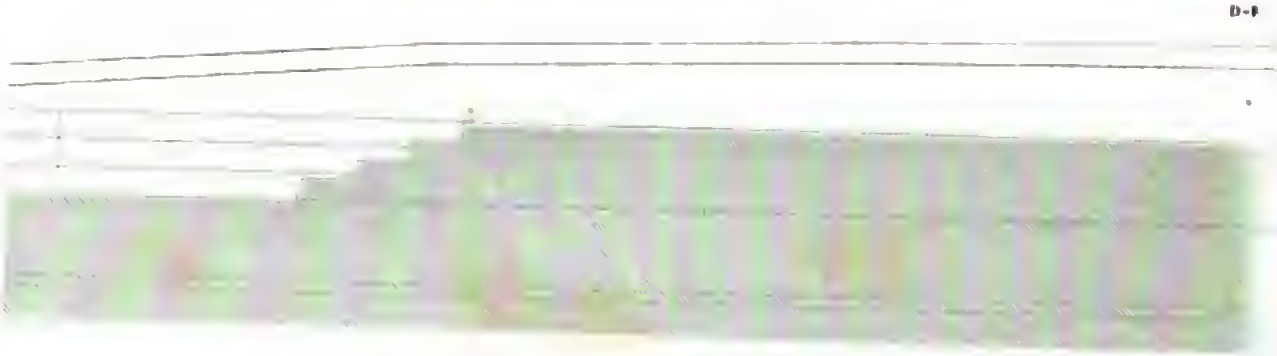


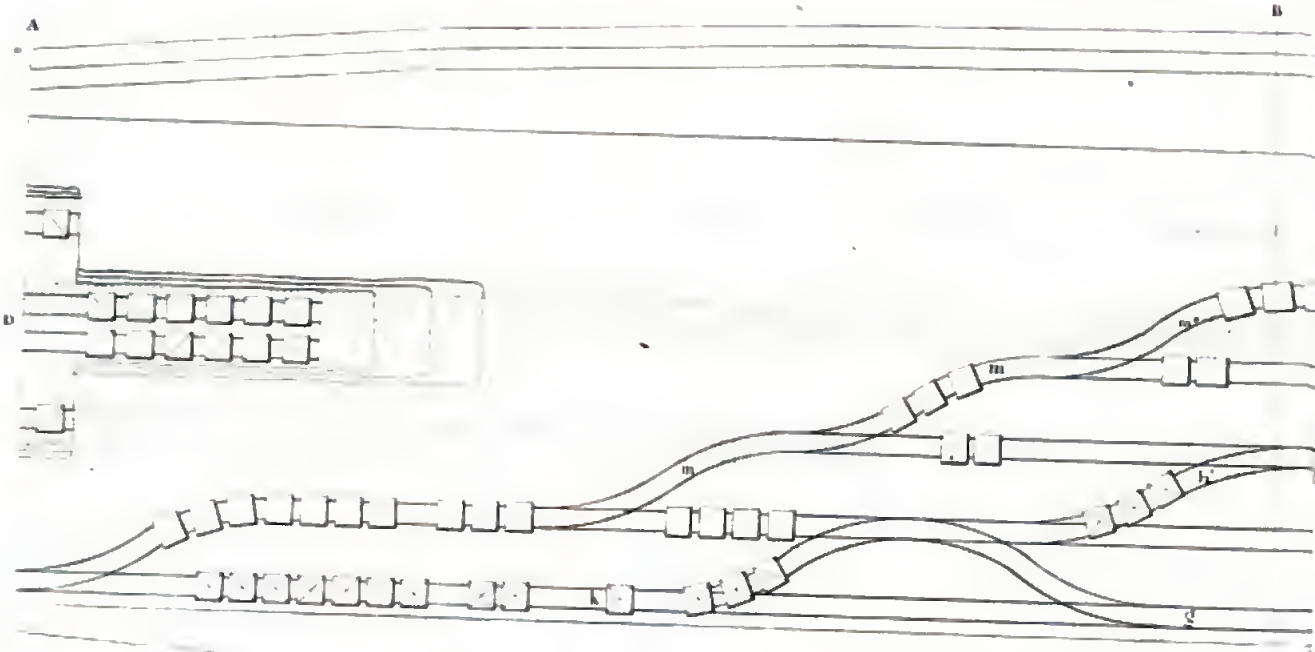
Digitized by Google

Digitized by Google

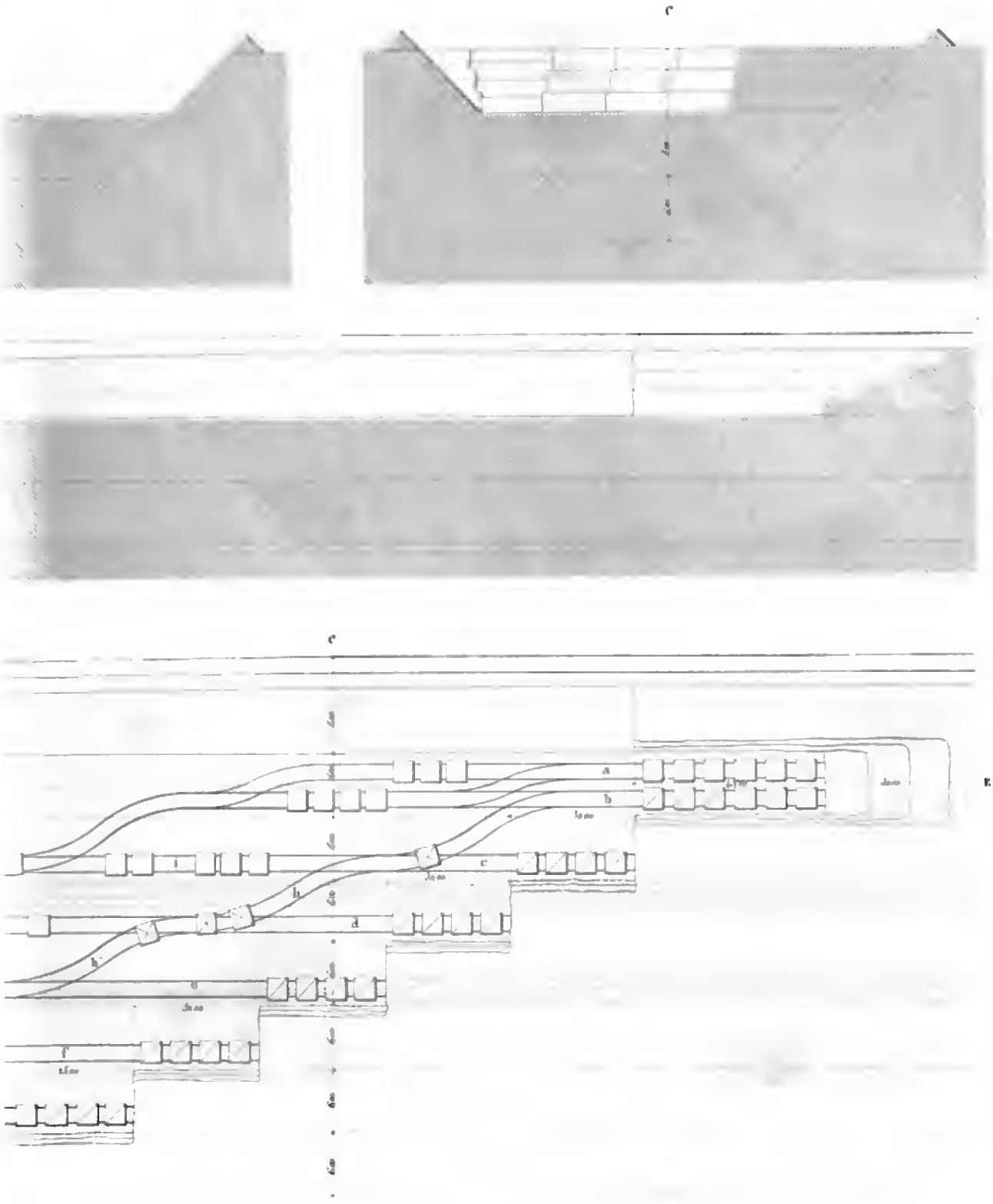
Digitized by Google







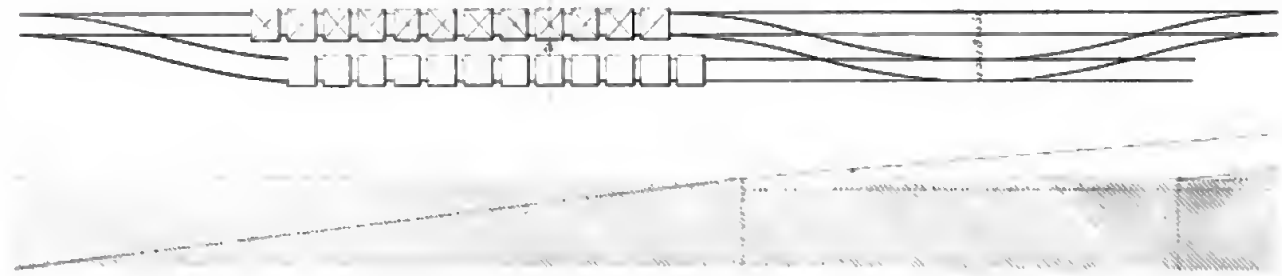
Digitized by Google

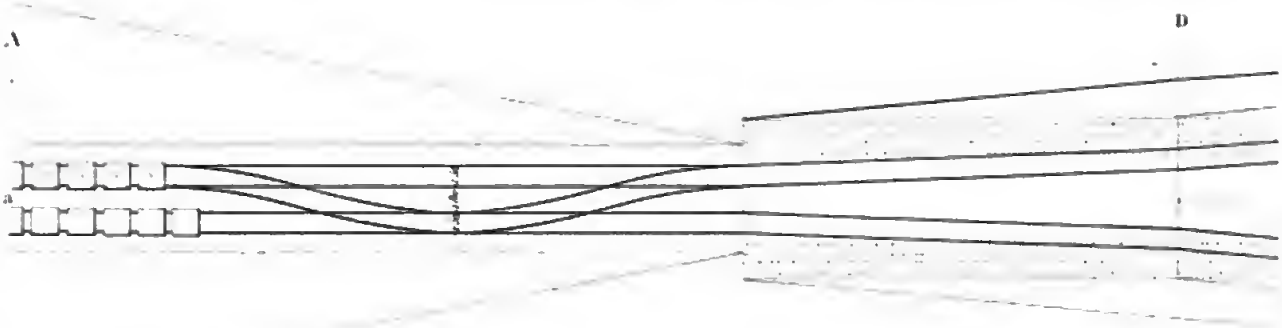


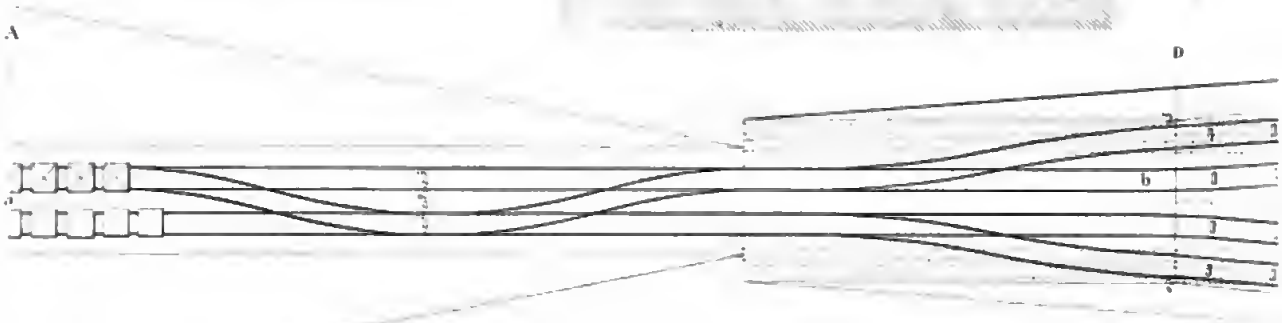
Digitized by Google

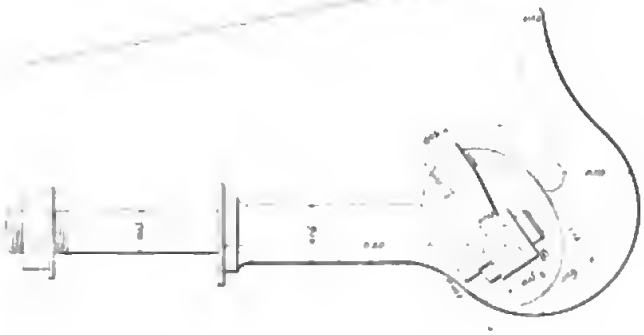
Digitized by Google

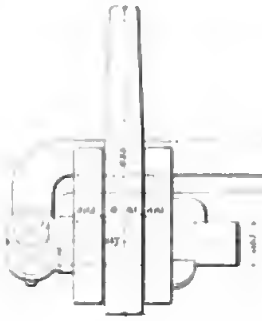
Digitized by Google





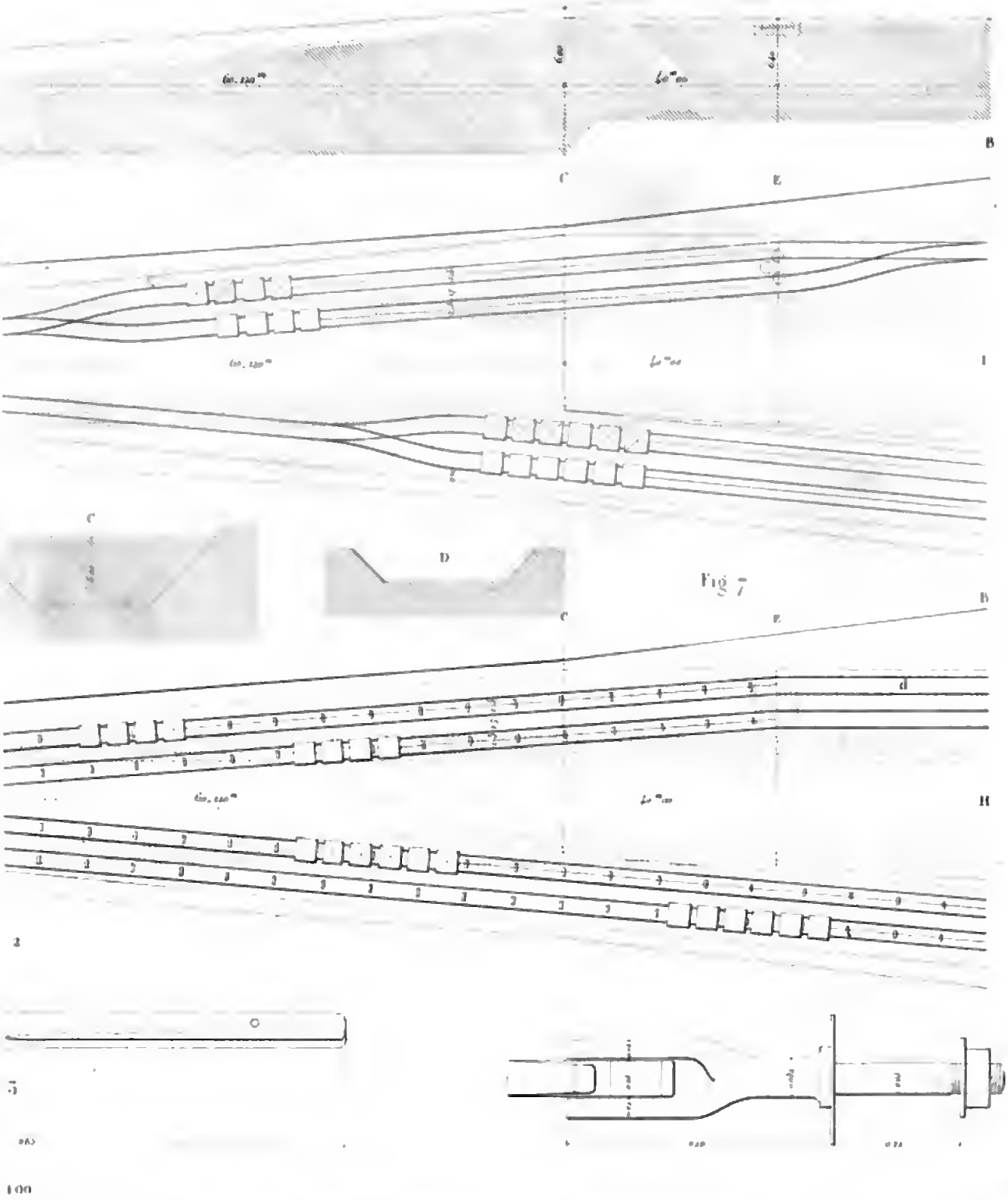






Digitized by Google

Fig. 1



Digitized by Google

Digitized by Google

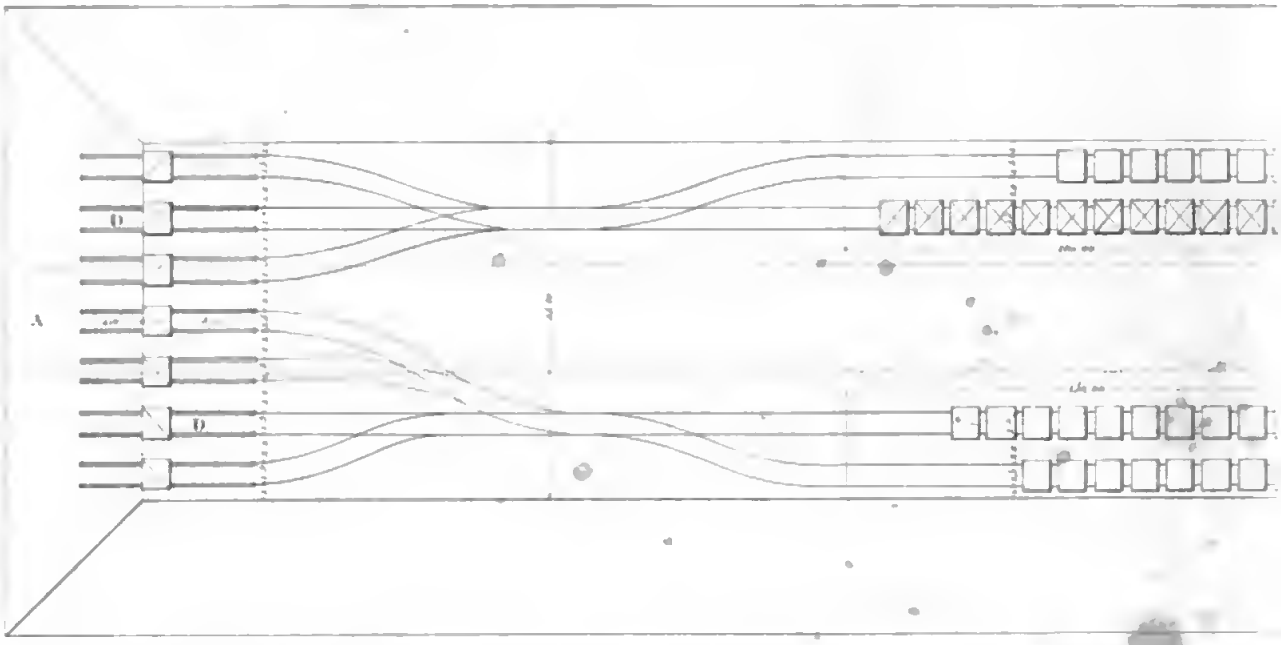
Digitized by Google

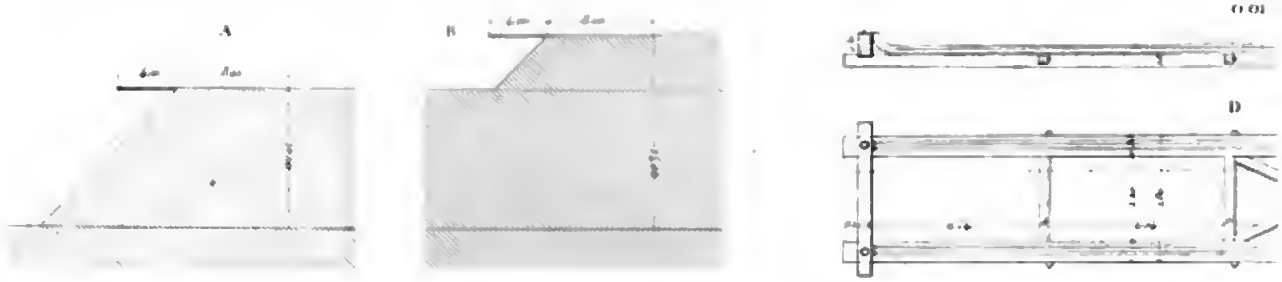
Digitized by Google

Digitized by Google

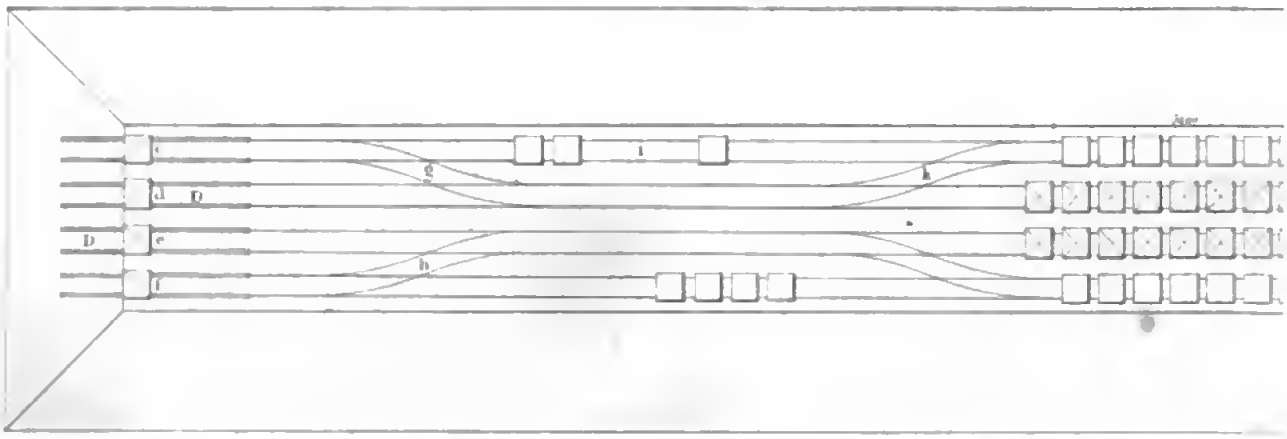
Digitized by Google

Fig



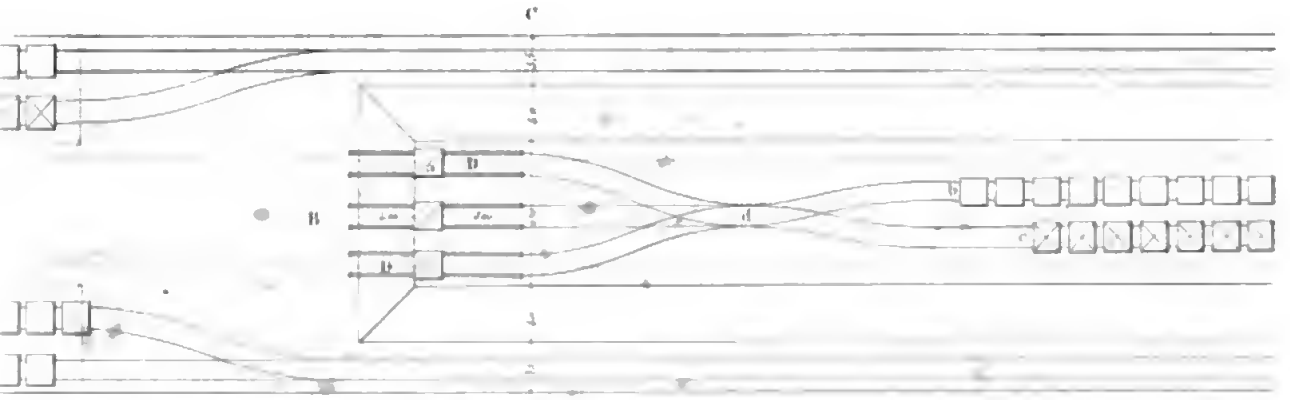


Fig

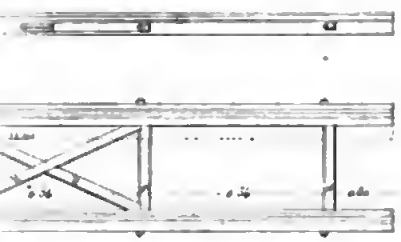


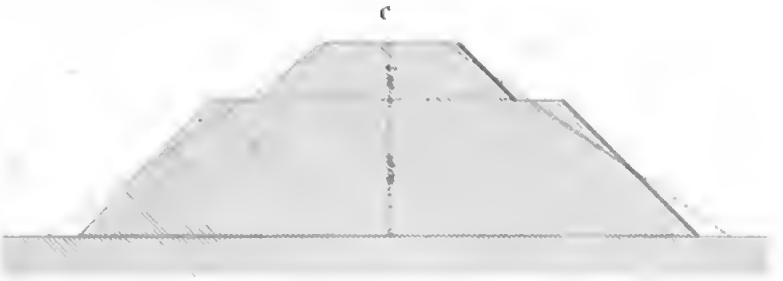
Digitized by Google

1

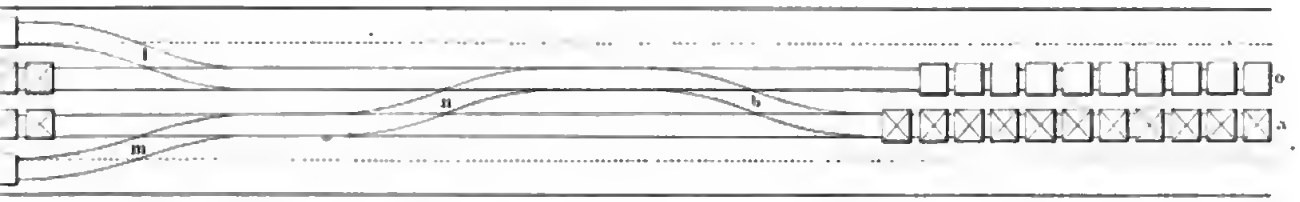


1.00.





2



1.00.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1

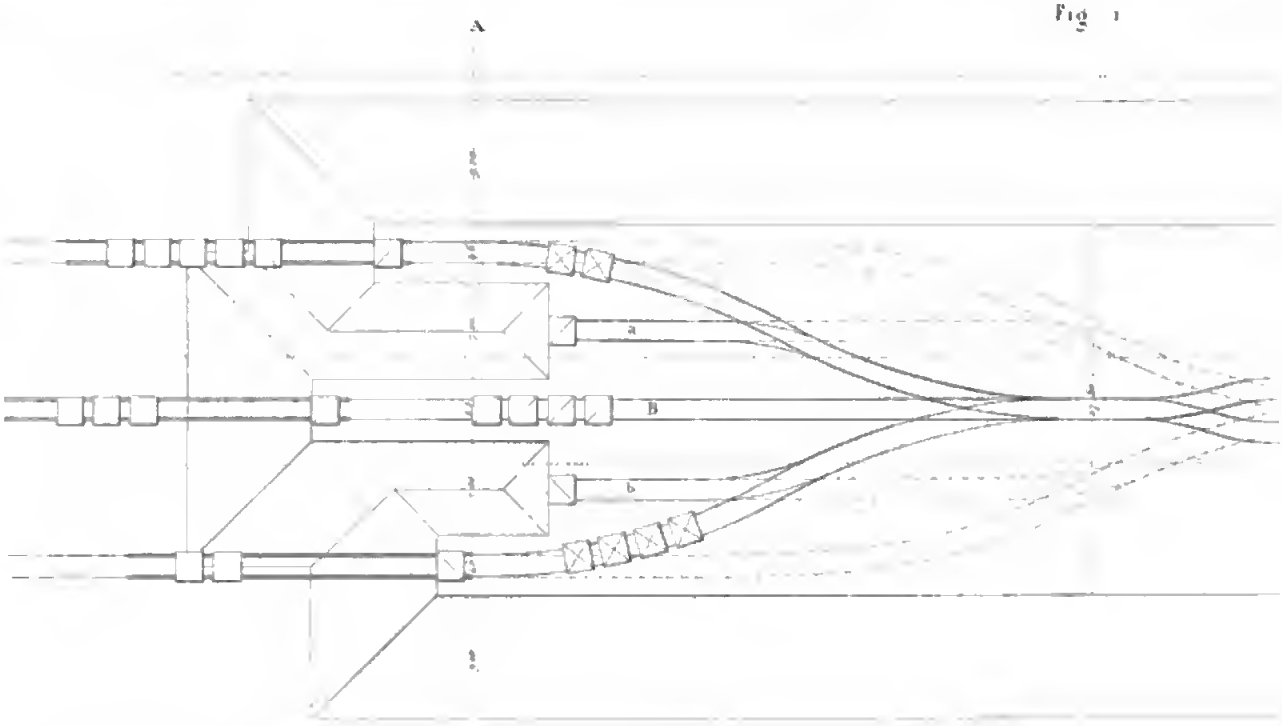
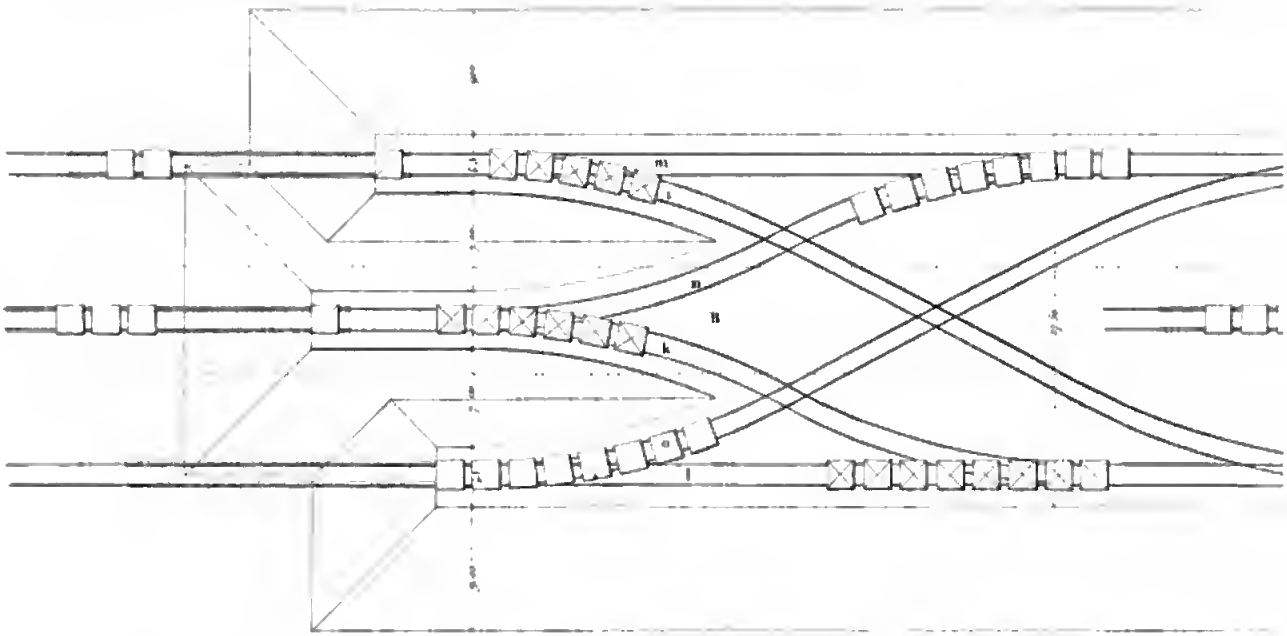
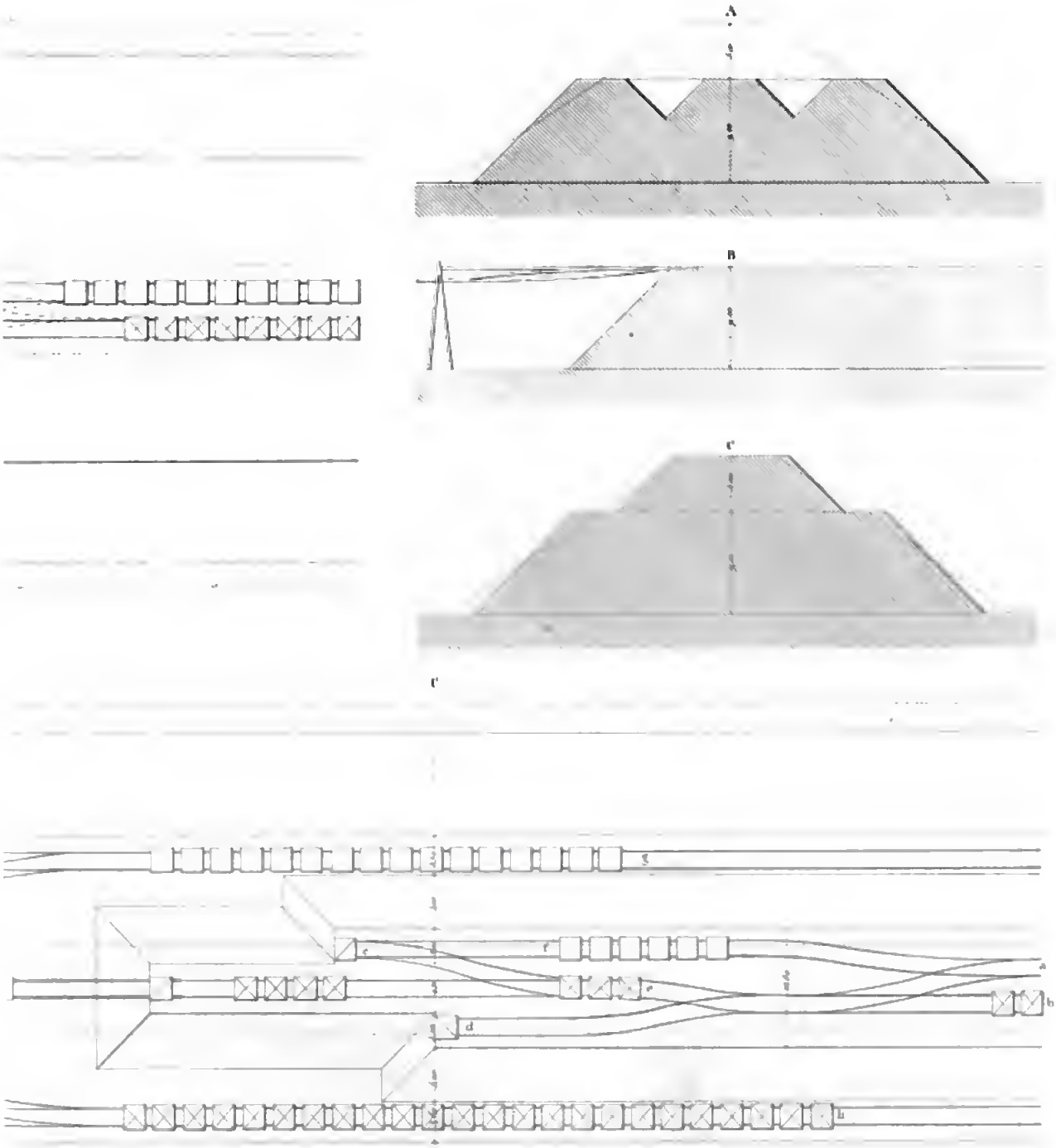


Fig. 2

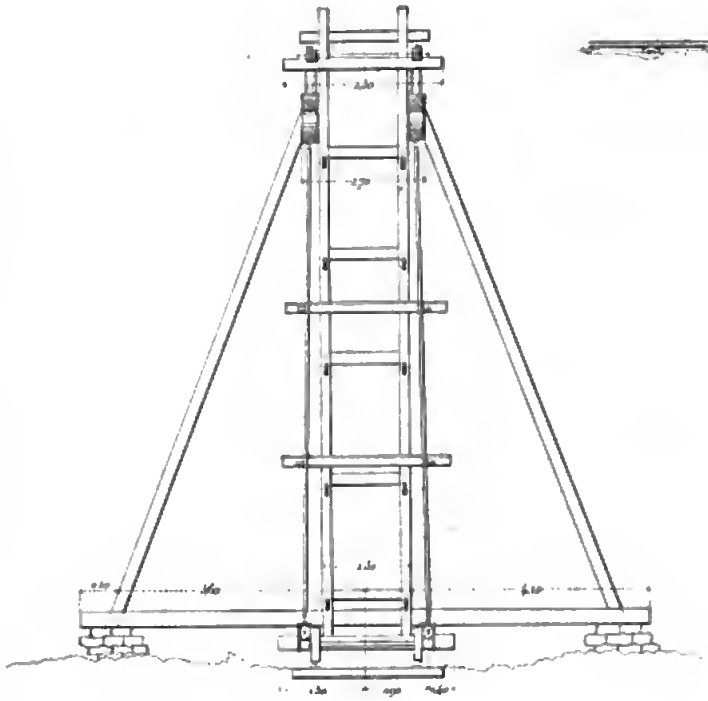


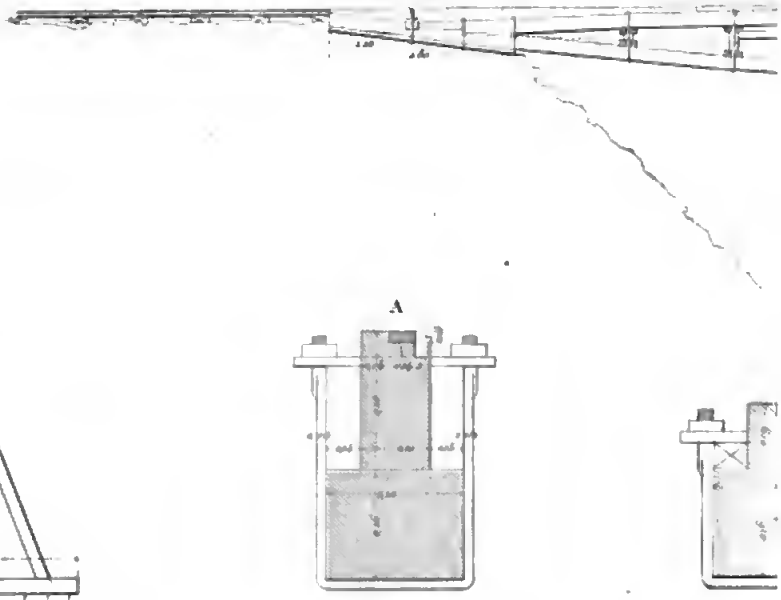
Digitized by Google

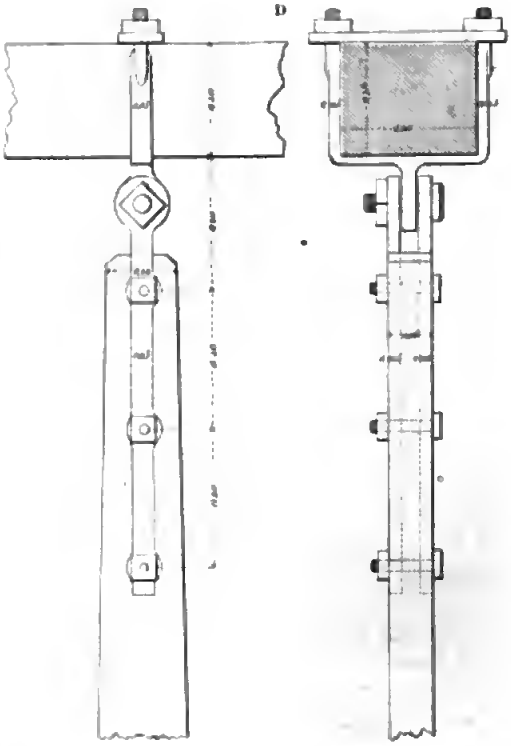


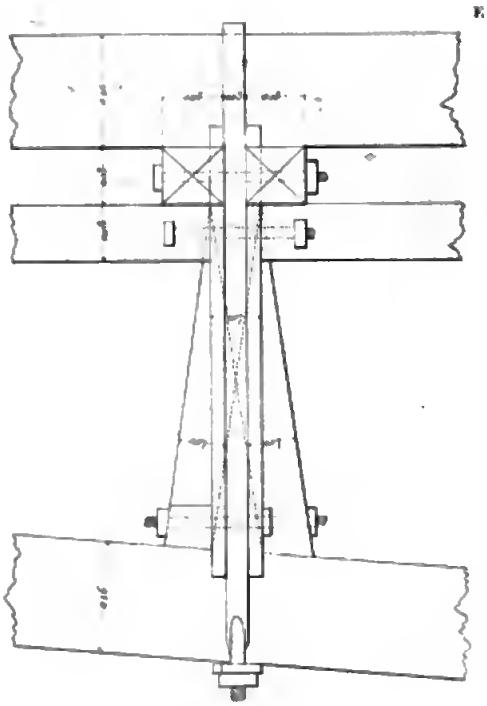
Digitized by Google

Digitized by Google

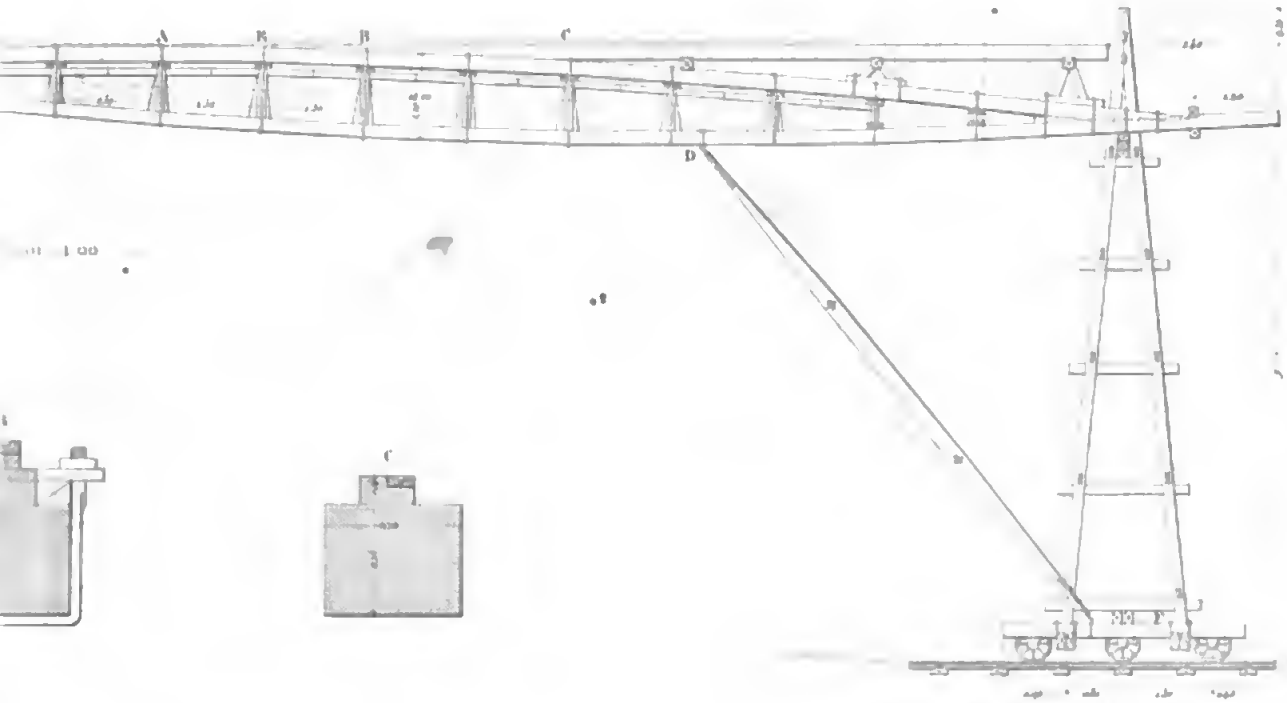


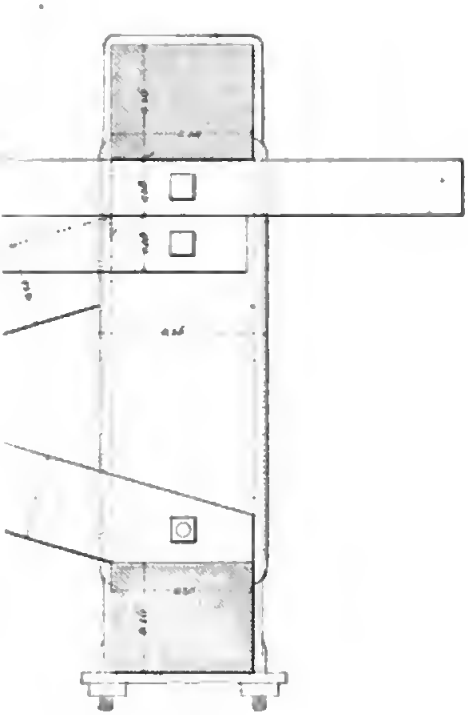


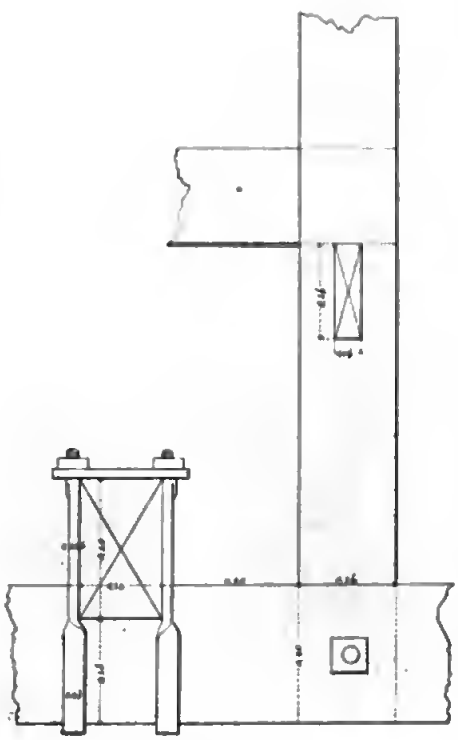


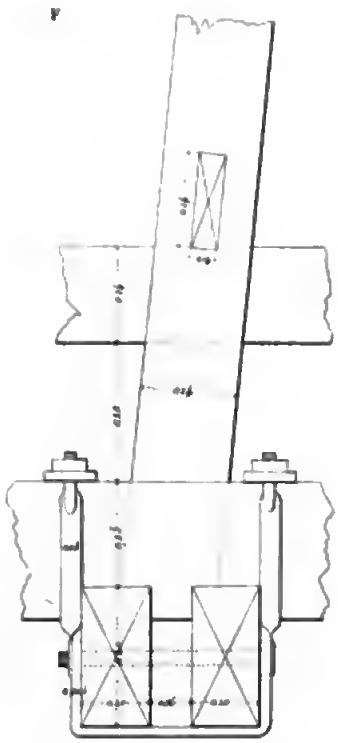


Digitized by Google









1,00

Digitized by Google

Digitized by Google

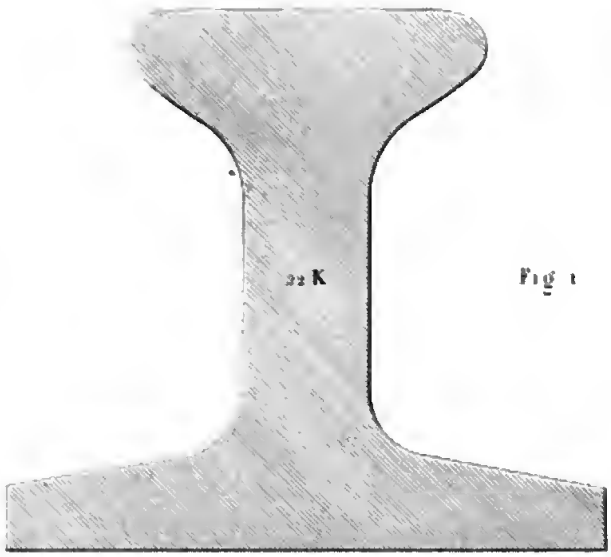
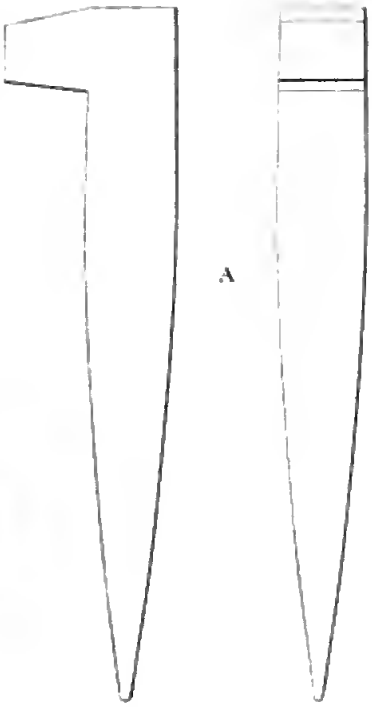
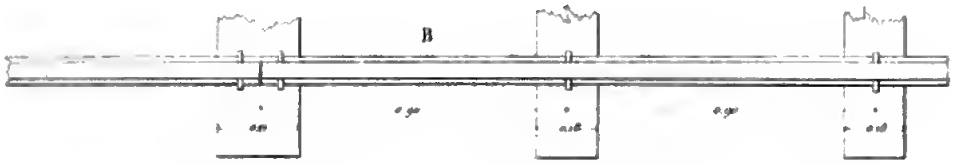


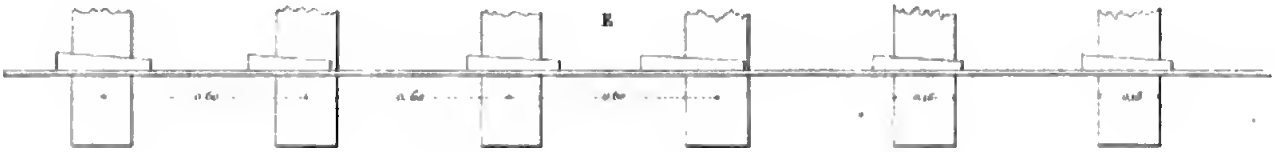
Fig 1

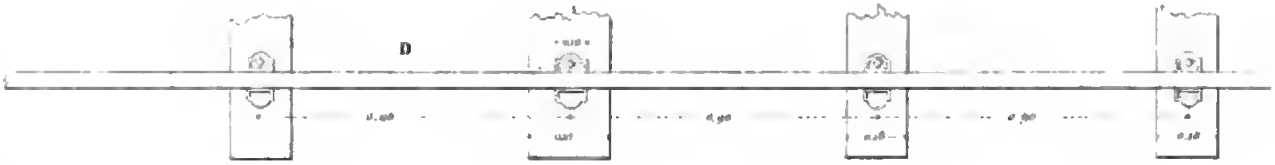


Fig

Fig







Digitized by Google

Fig 5.

Fig 4

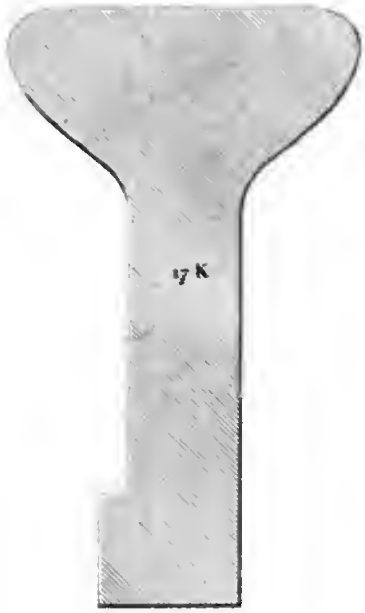
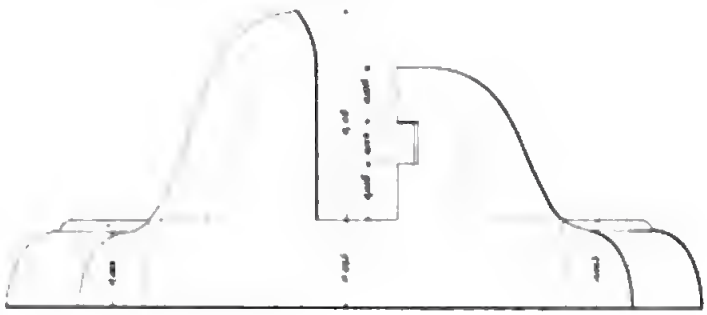
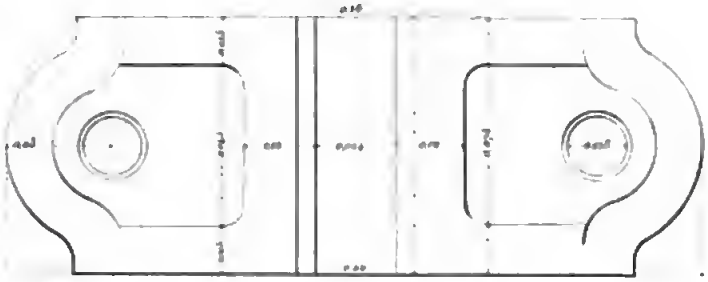
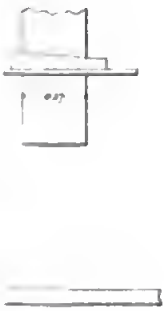


Fig 3

Fig 7



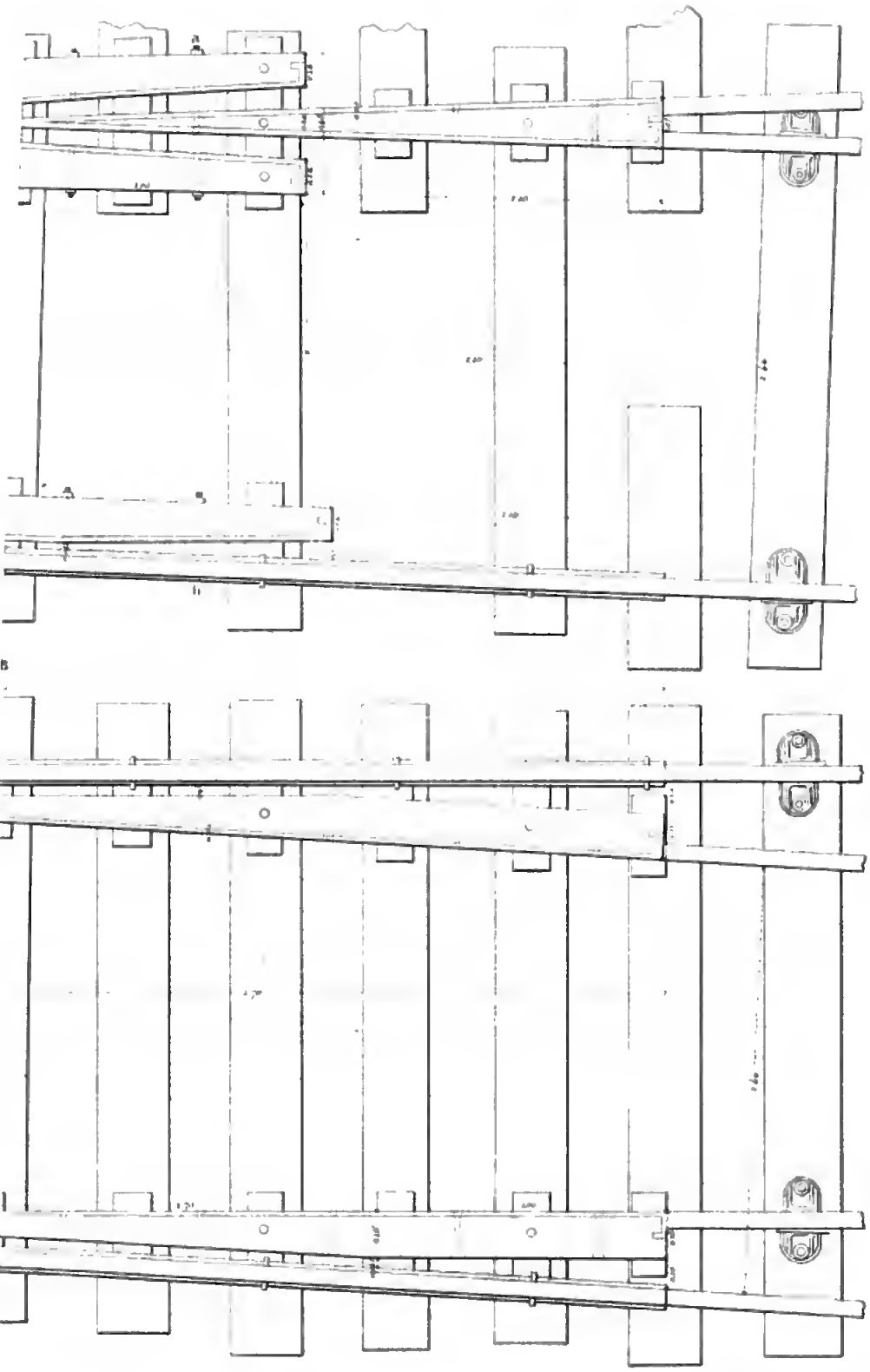


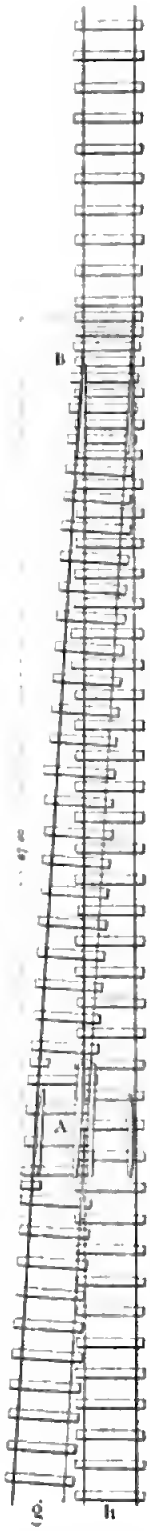


Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

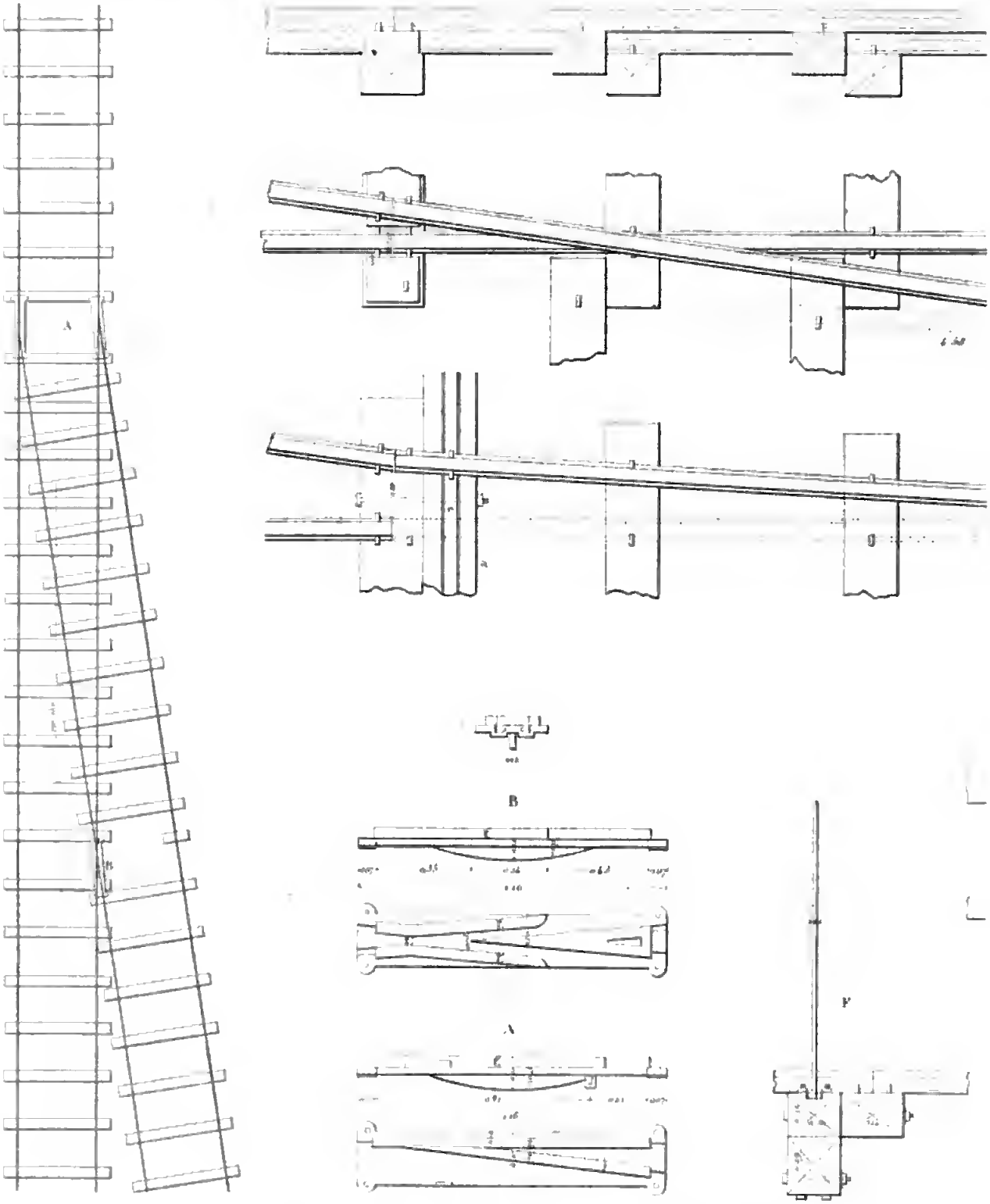




Digitized by Google

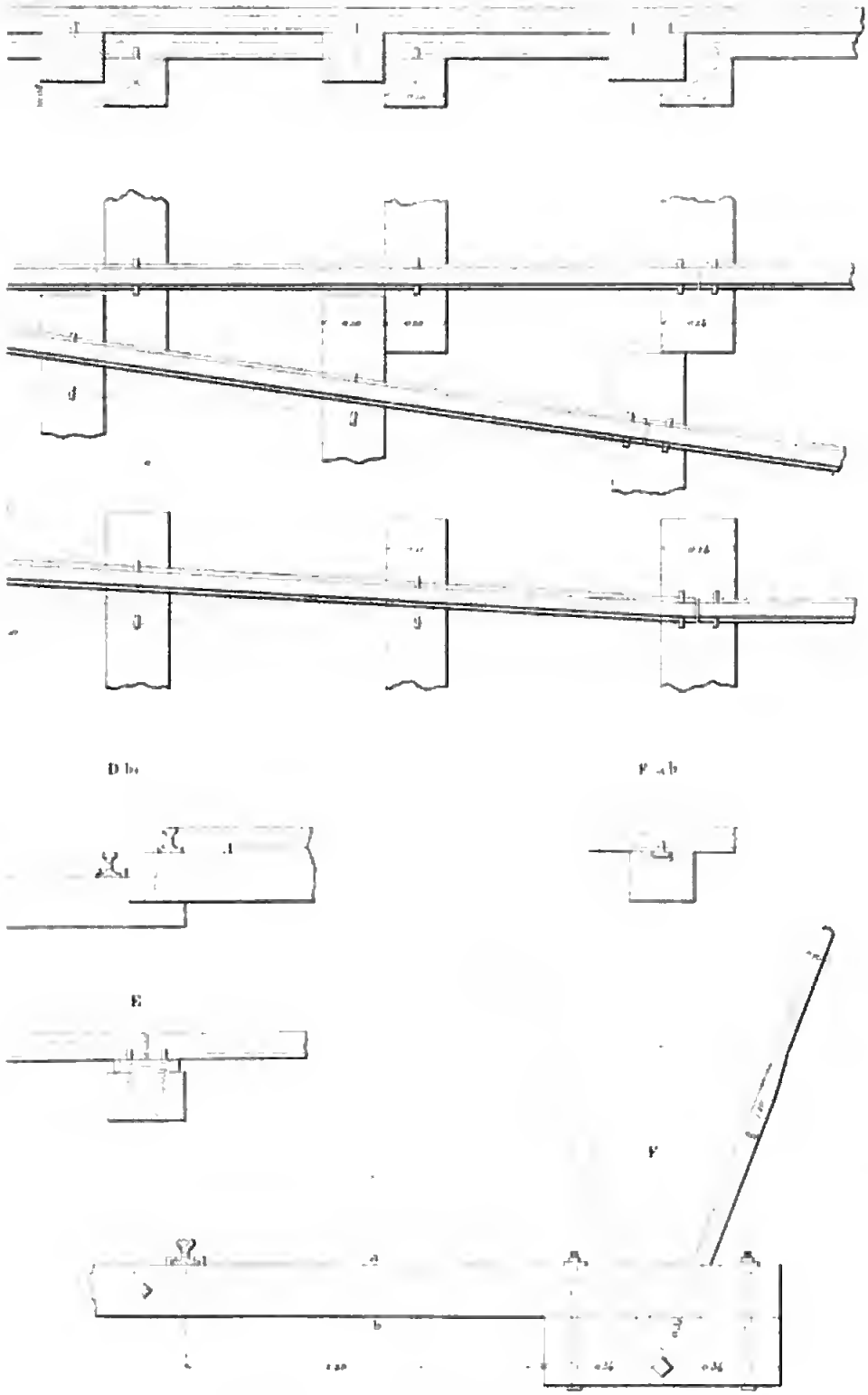
Digitized by Google

Fig. 1



Digitized by Google

Fig. 2



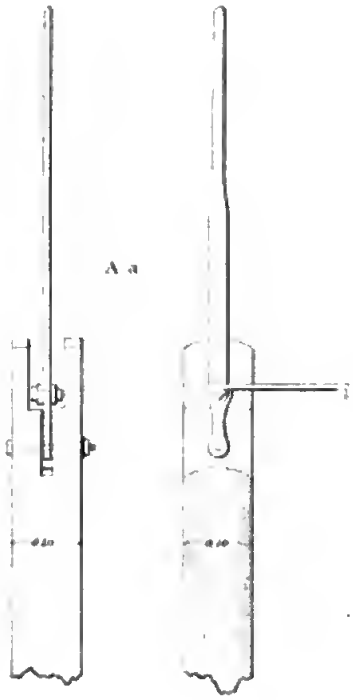
1 00

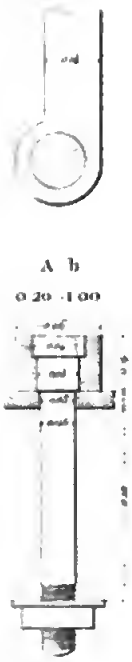
0 01 = 1 00

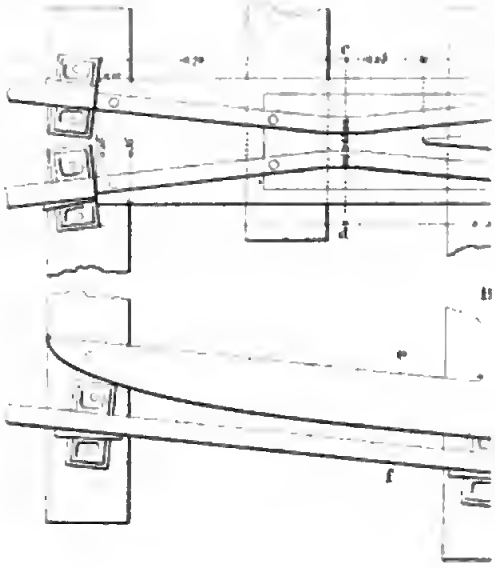
Digitized by Google

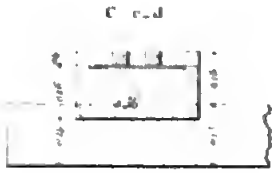
Digitized by Google

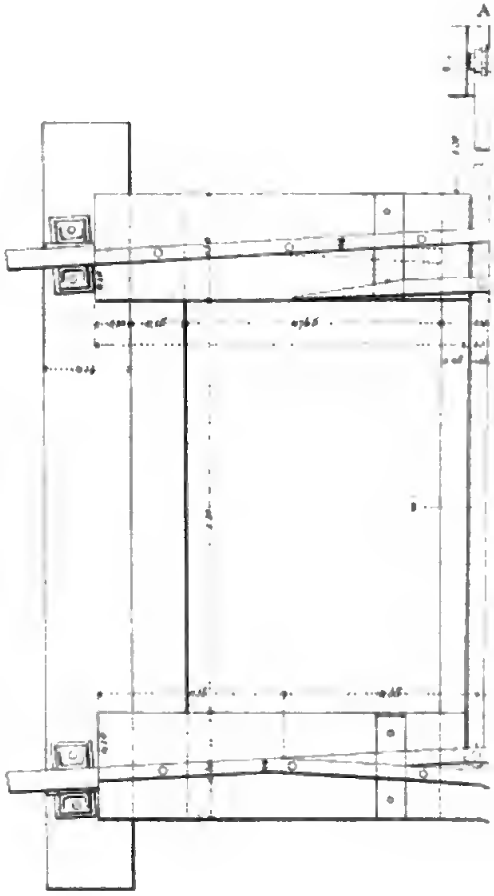
Digitized by Google

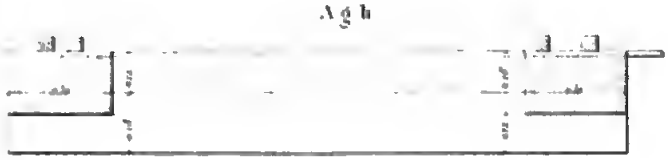


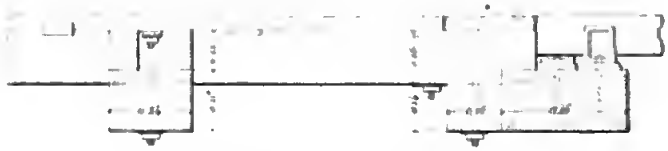






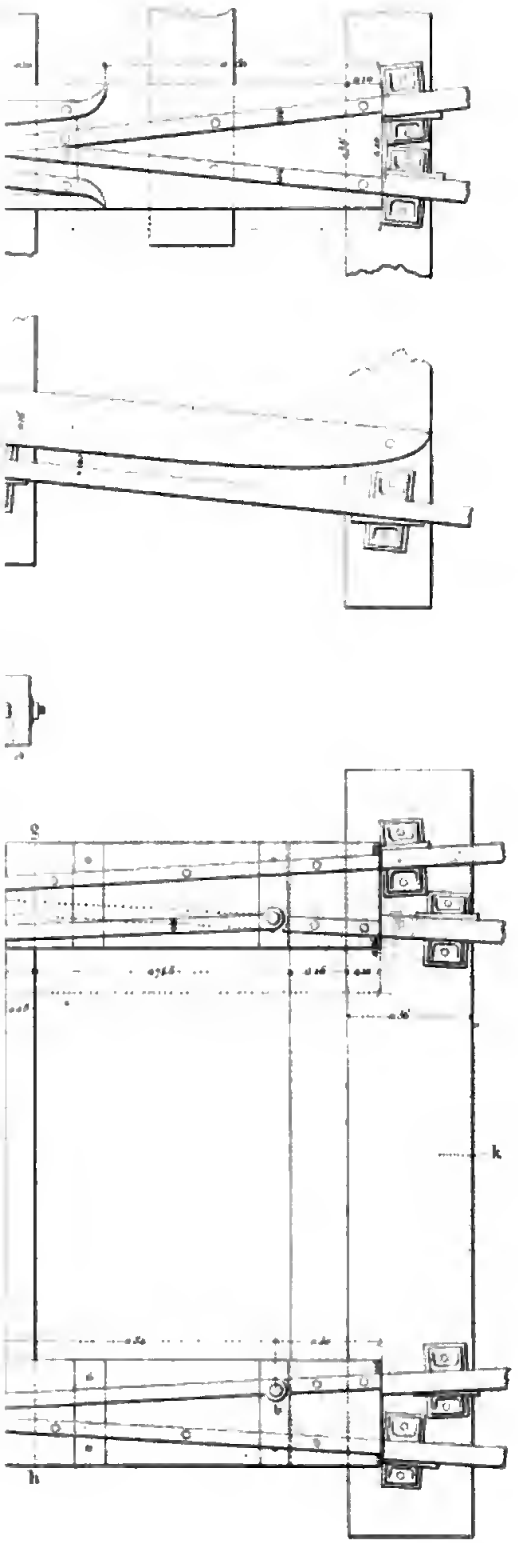


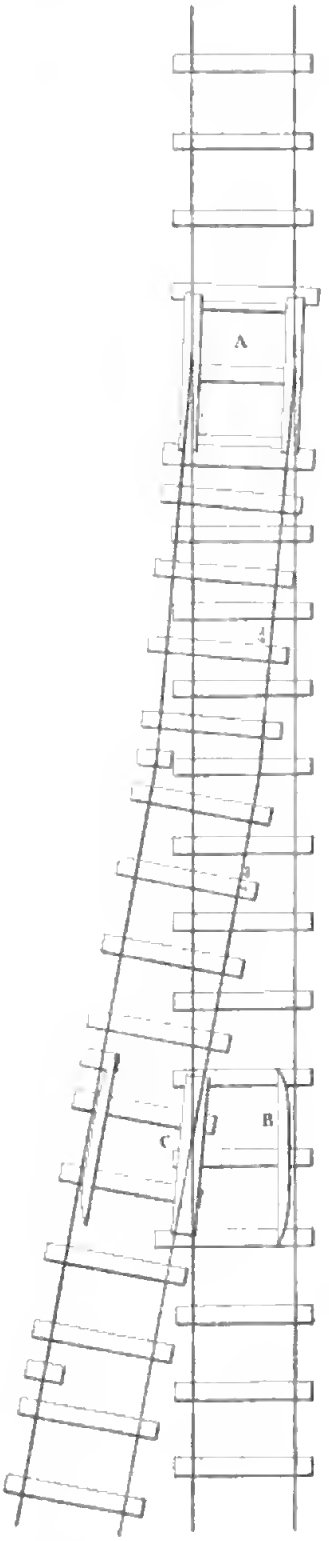




0.05 · 1.00

Digitized by Google



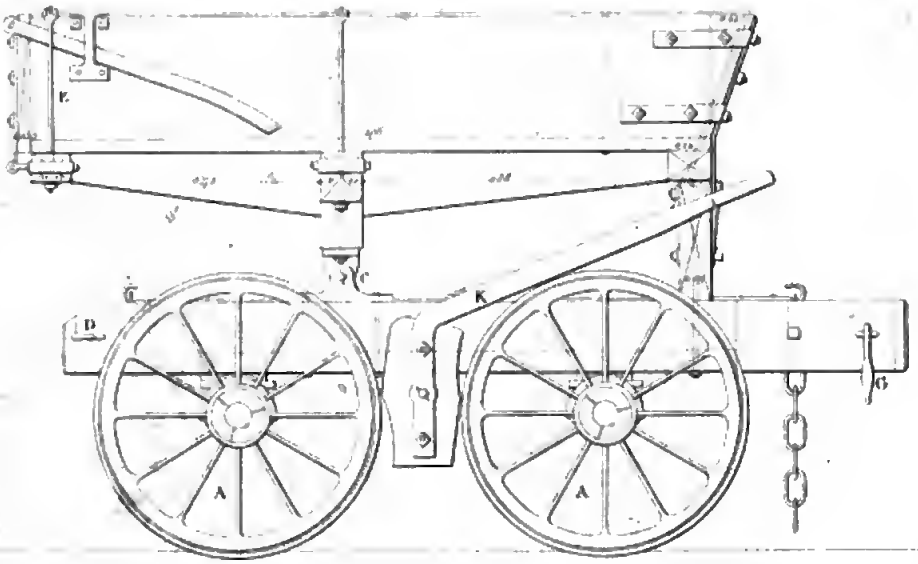


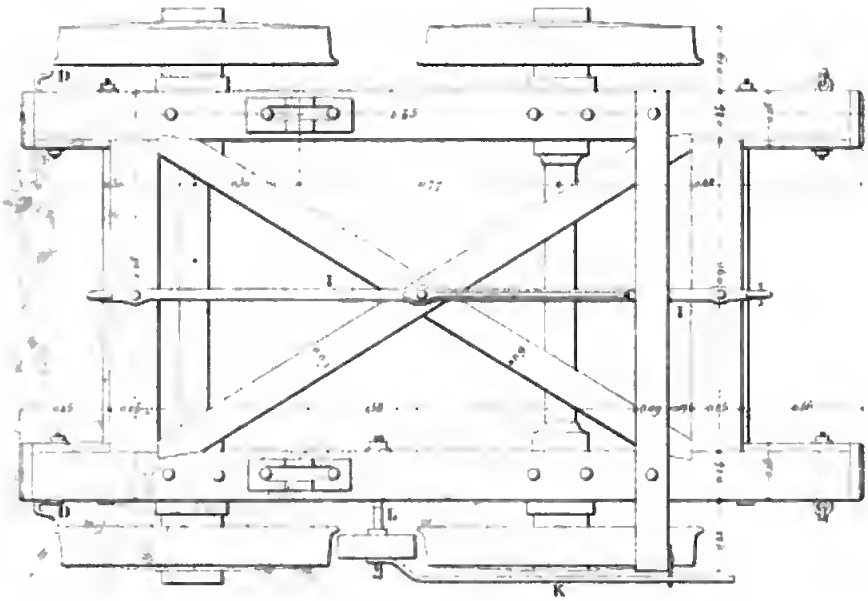
0,01 1,00

Digitized by Google

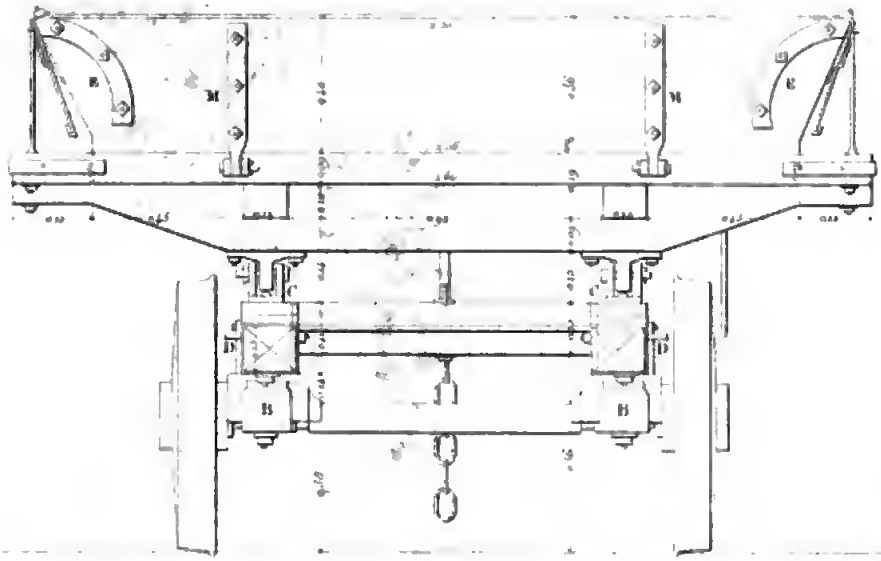
Digitized by Google

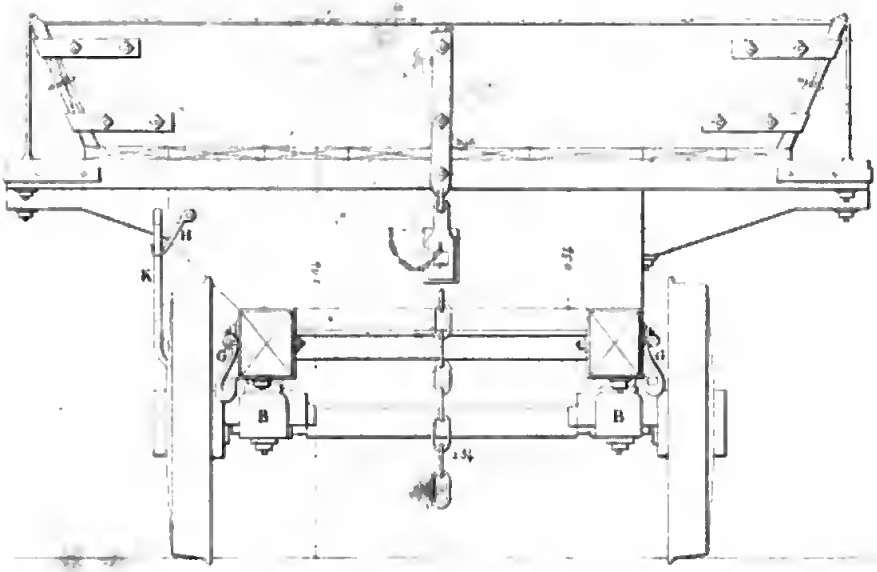
Digitized by Google





Digitized by Google





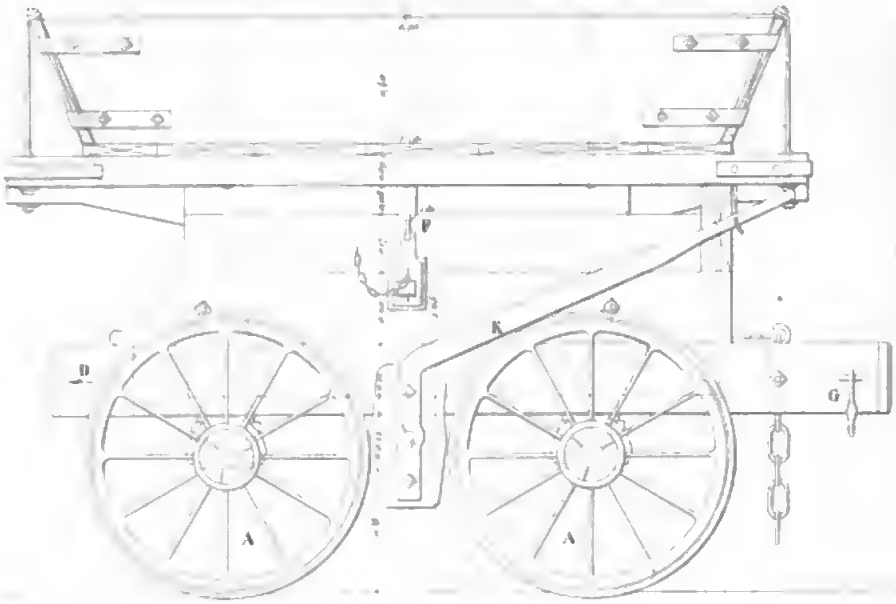
Digitized by Google

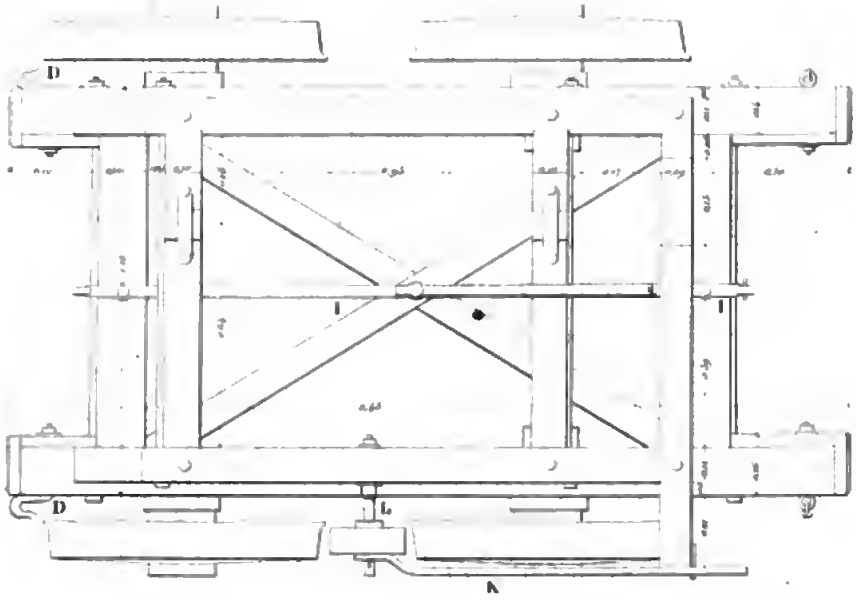
Digitized by Google

Digitized by Google

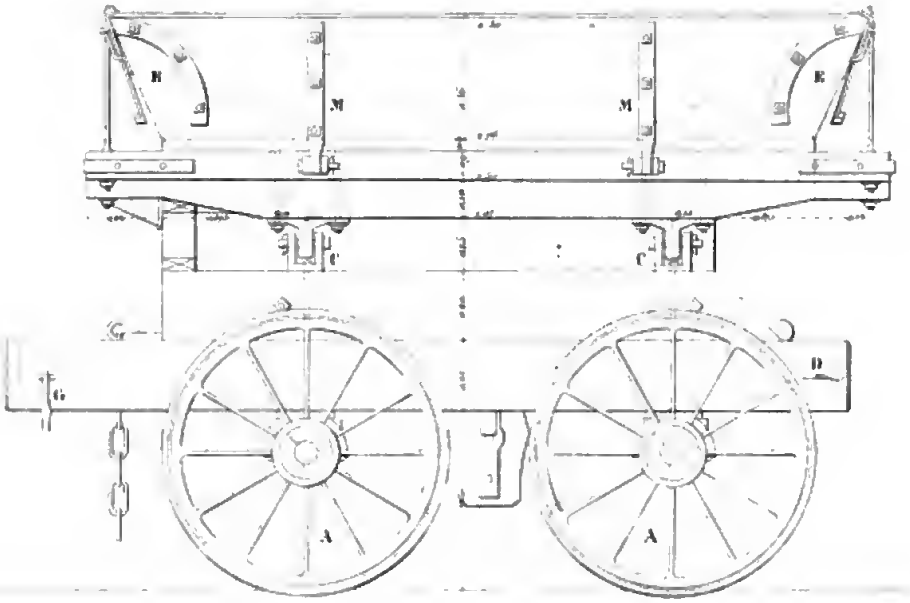
Digitized by Google

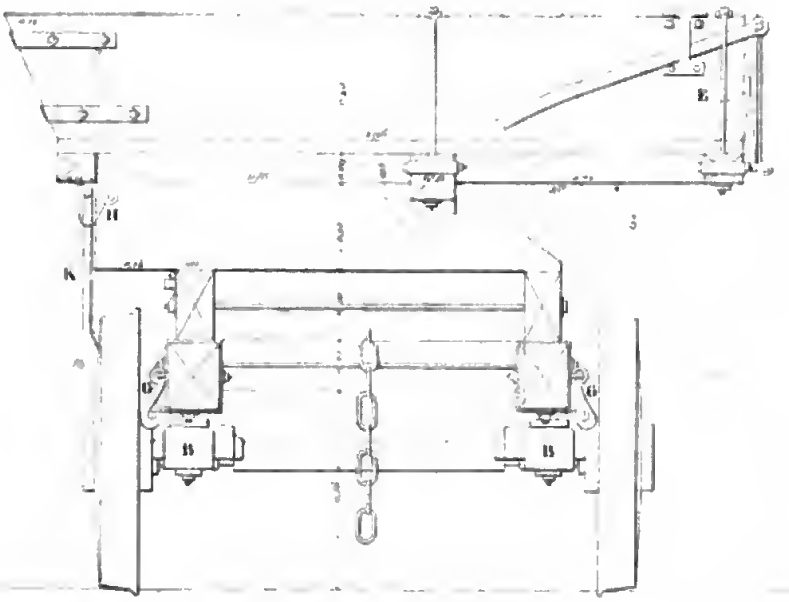
Digitized by Google





Digitized by Google

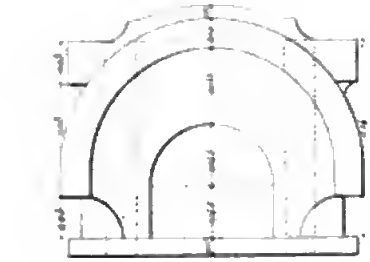




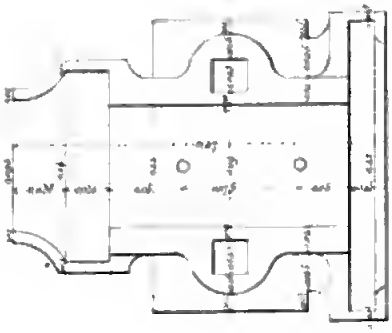
Digitized by Google

Digitized by Google

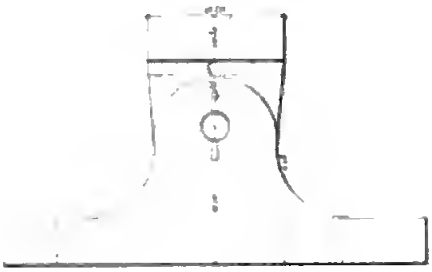
Digitized by Google

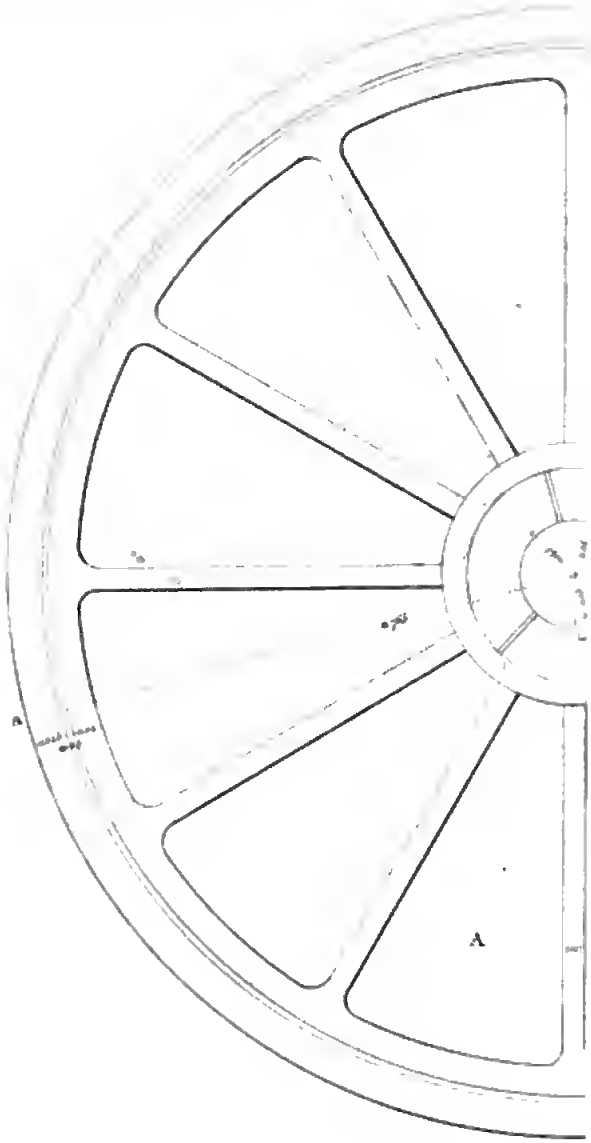


B

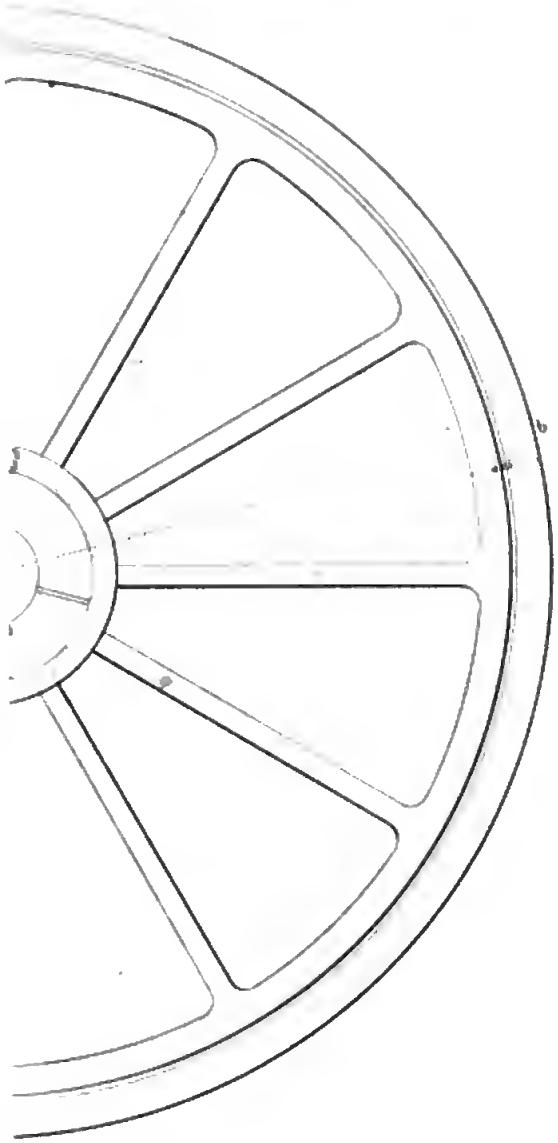


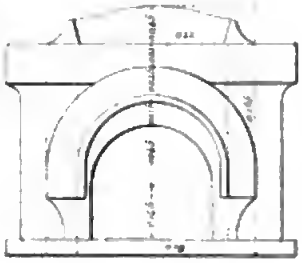
C



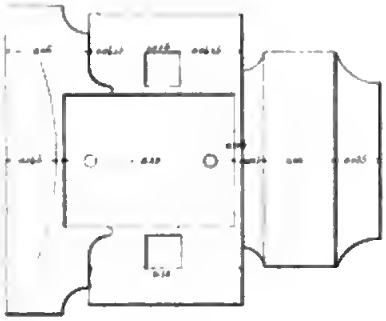


Digitized by Google

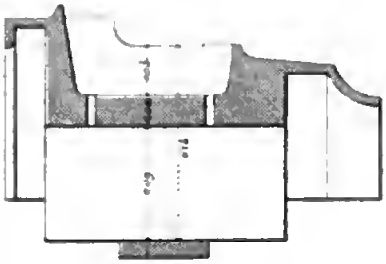




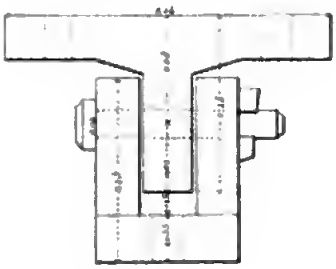
B

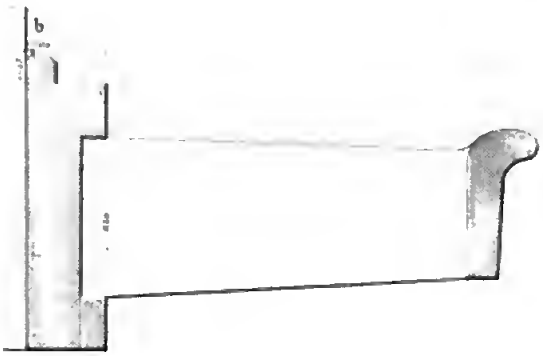


B



C

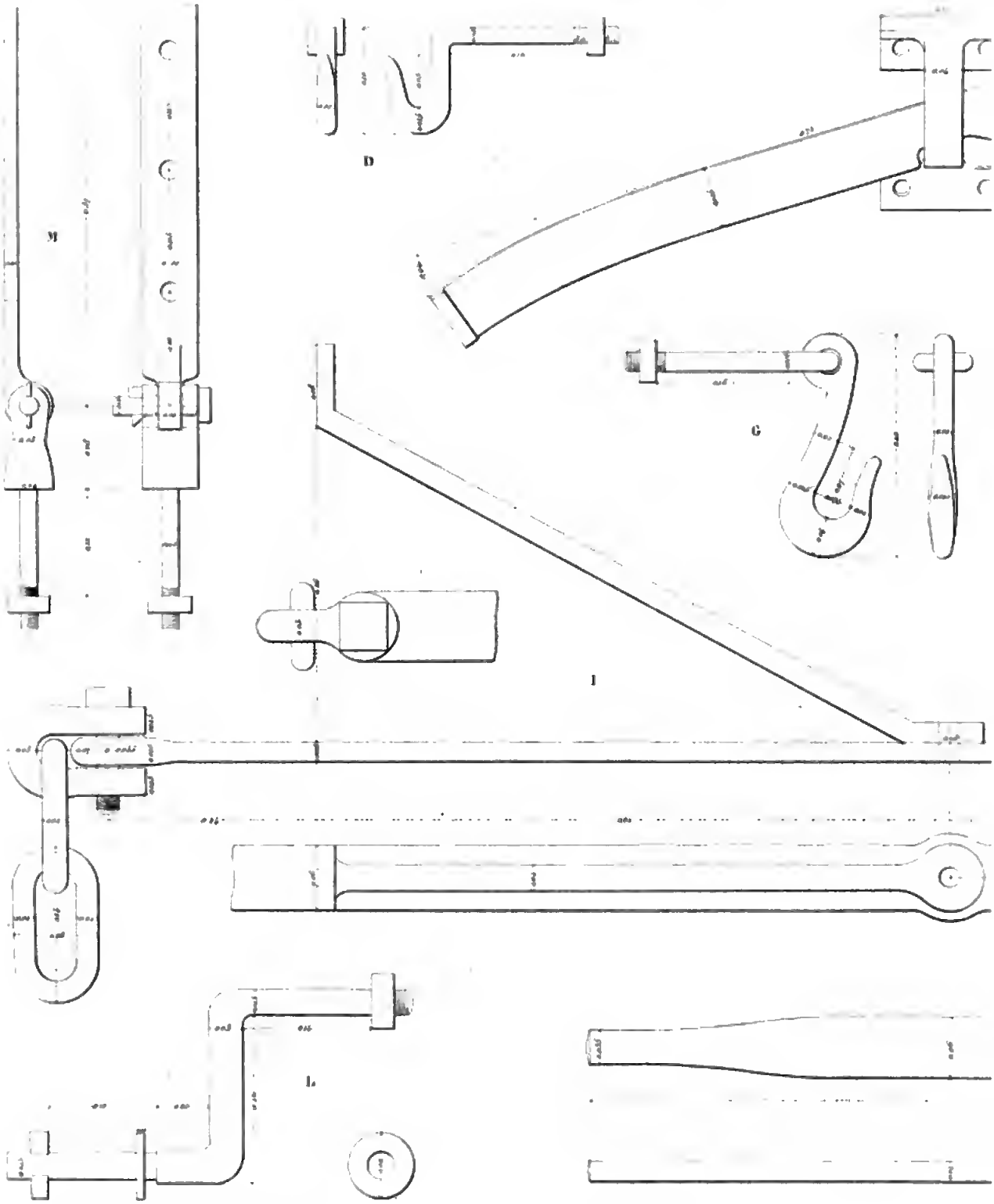




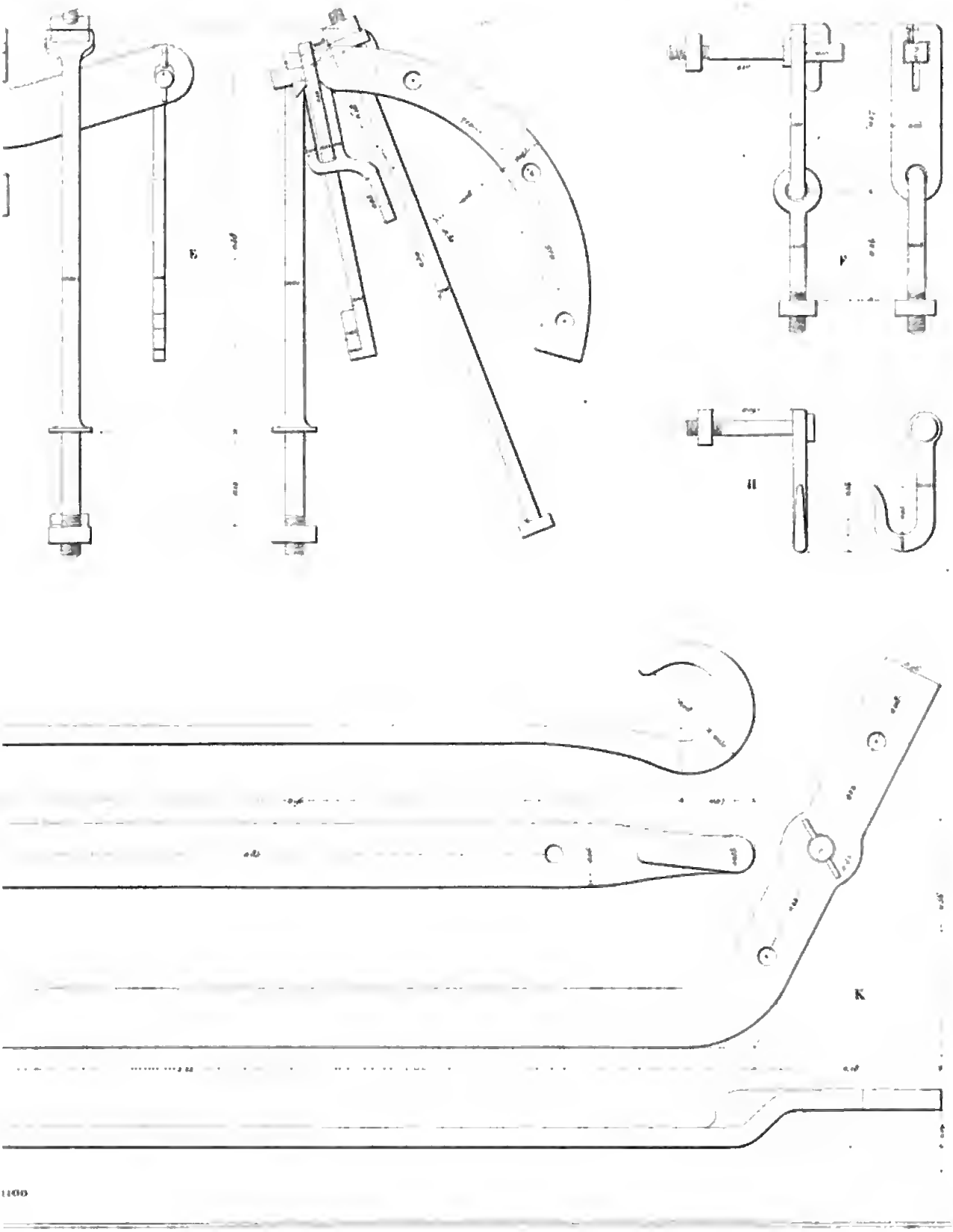
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



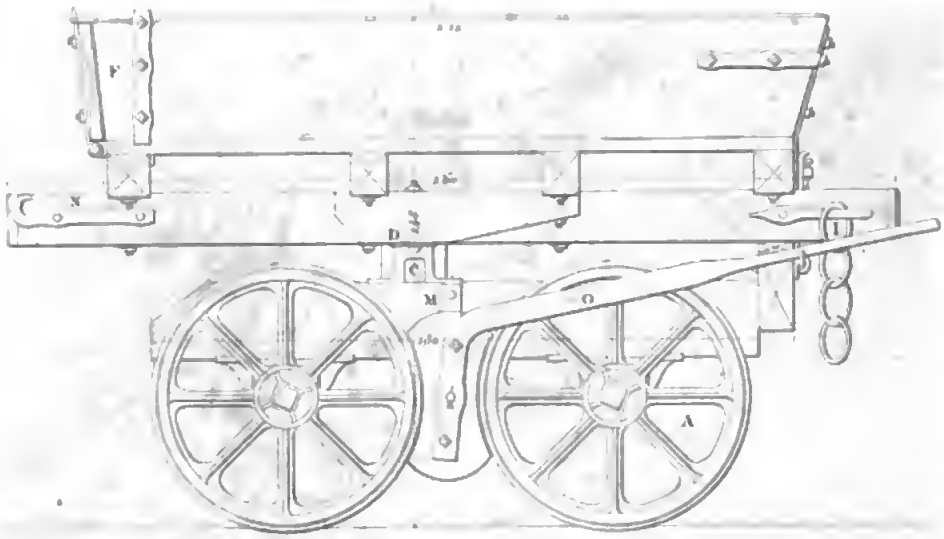
Digitized by Google

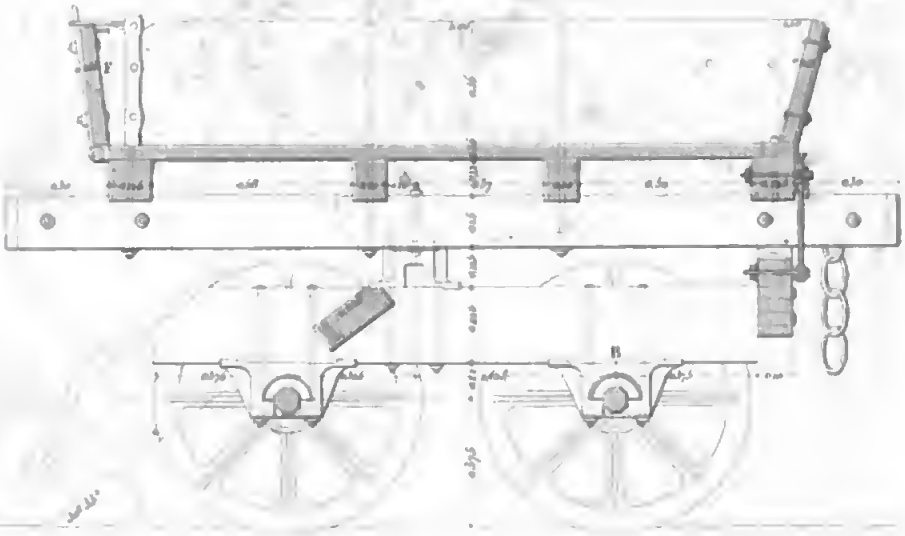


Digitized by Google

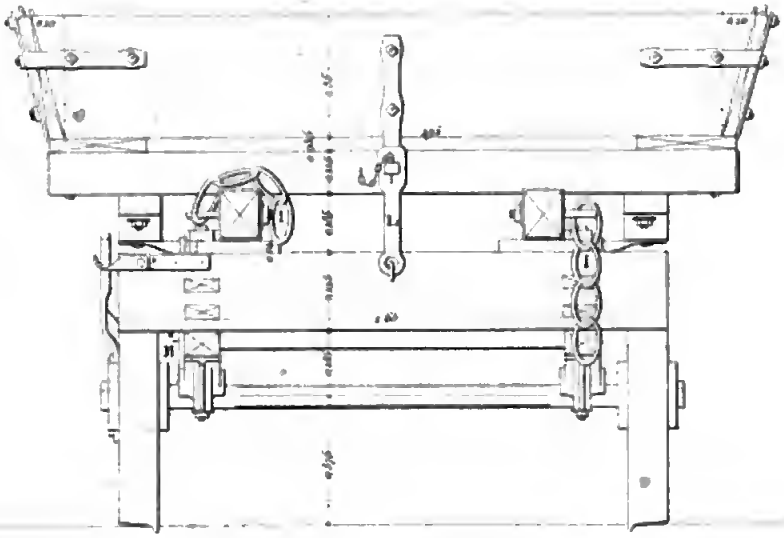
Digitized by Google

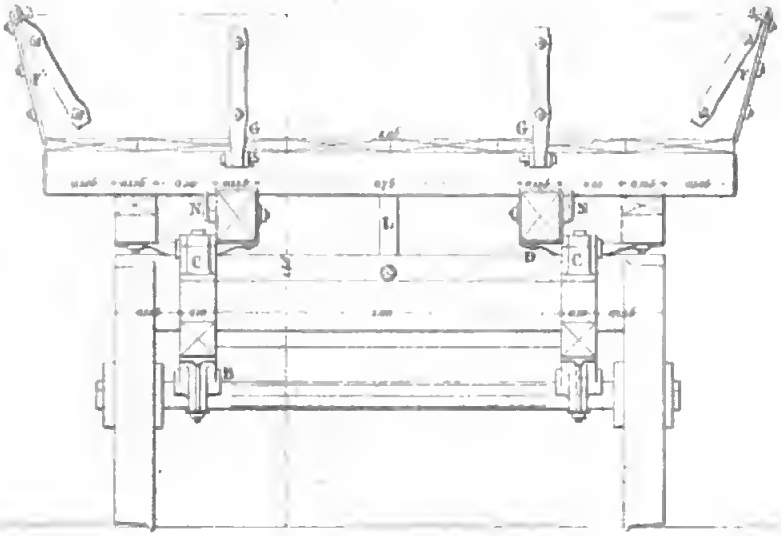
Digitized by Google





Digitized by Google

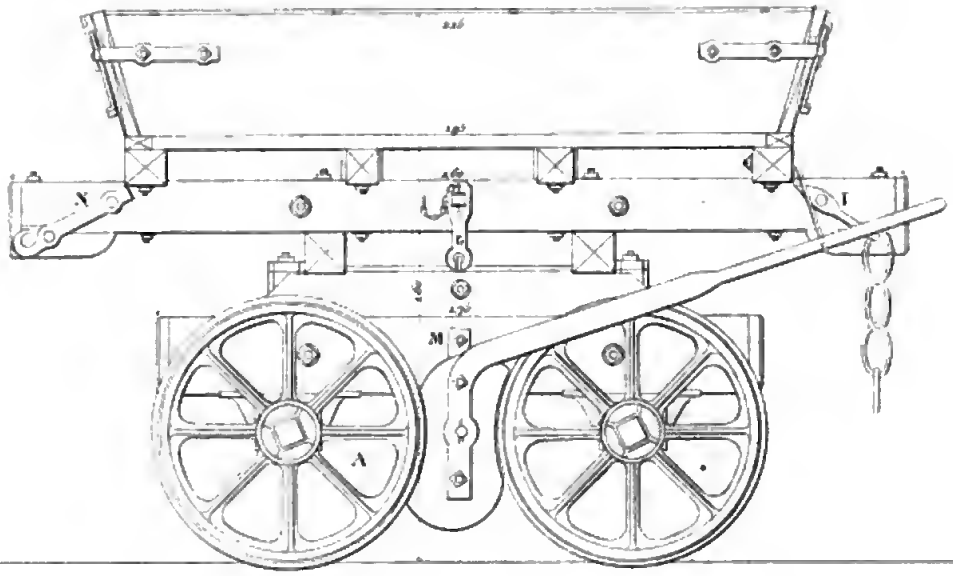


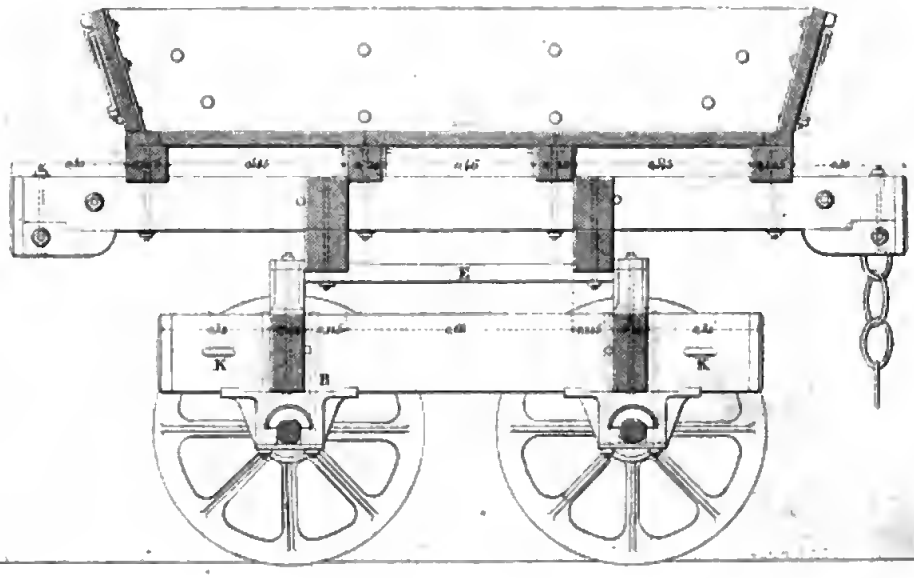


Digitized by Google

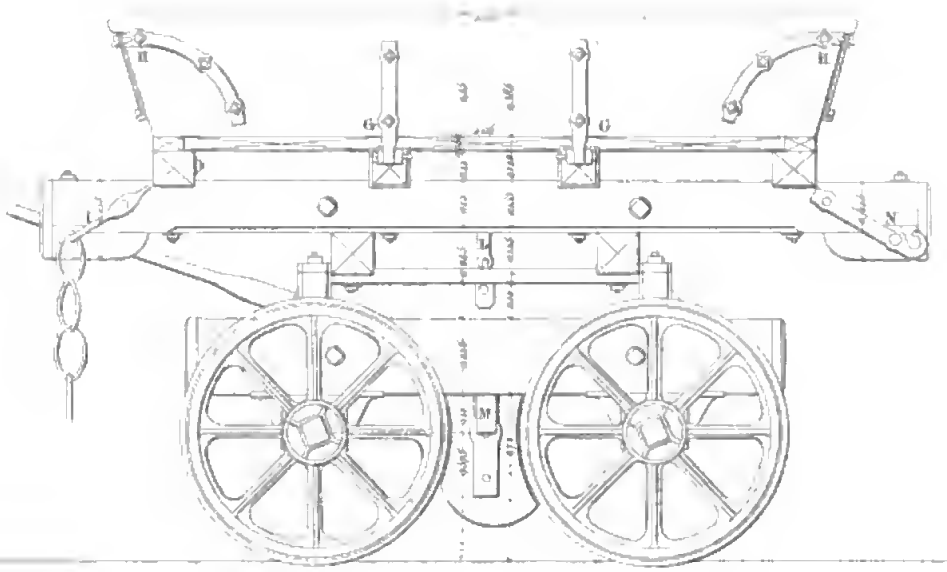
Digitized by Google

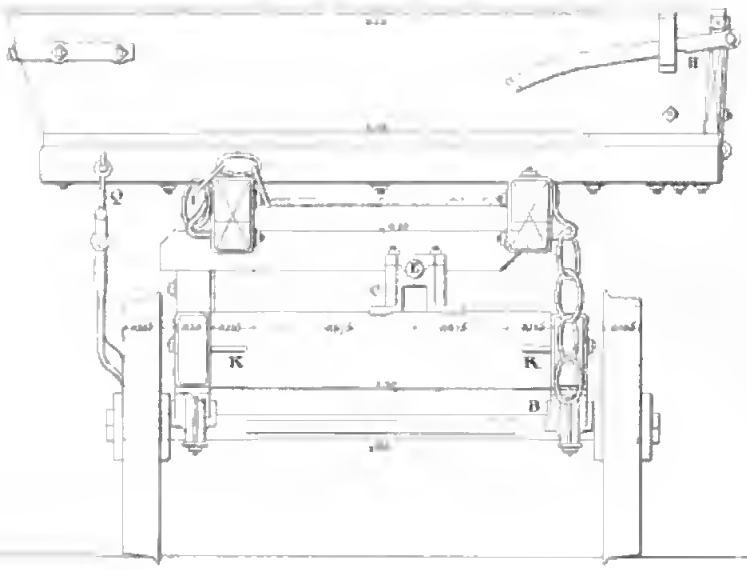
Digitized by Google





Digitized by Google

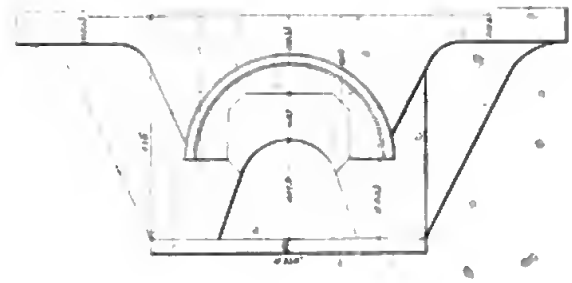


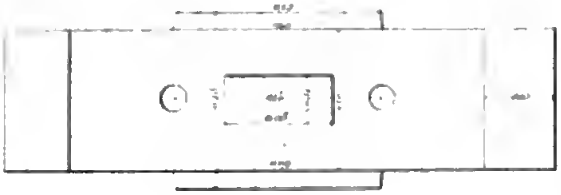


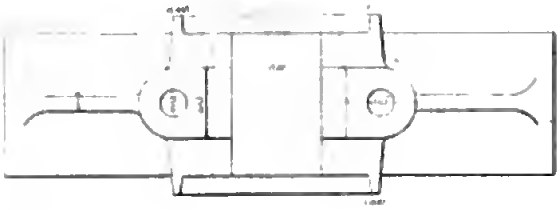
Digitized by Google

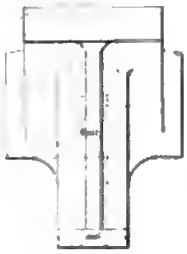
Digitized by Google

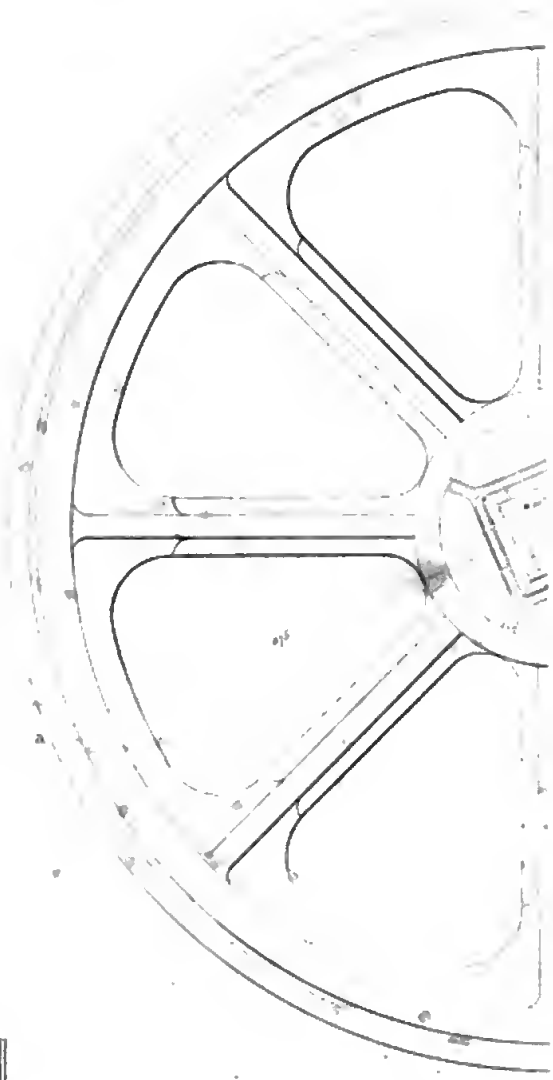
Digitized by Google

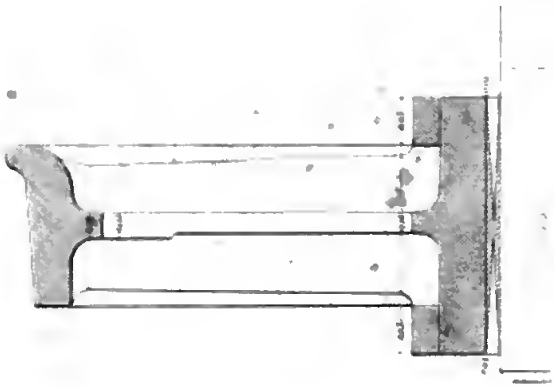




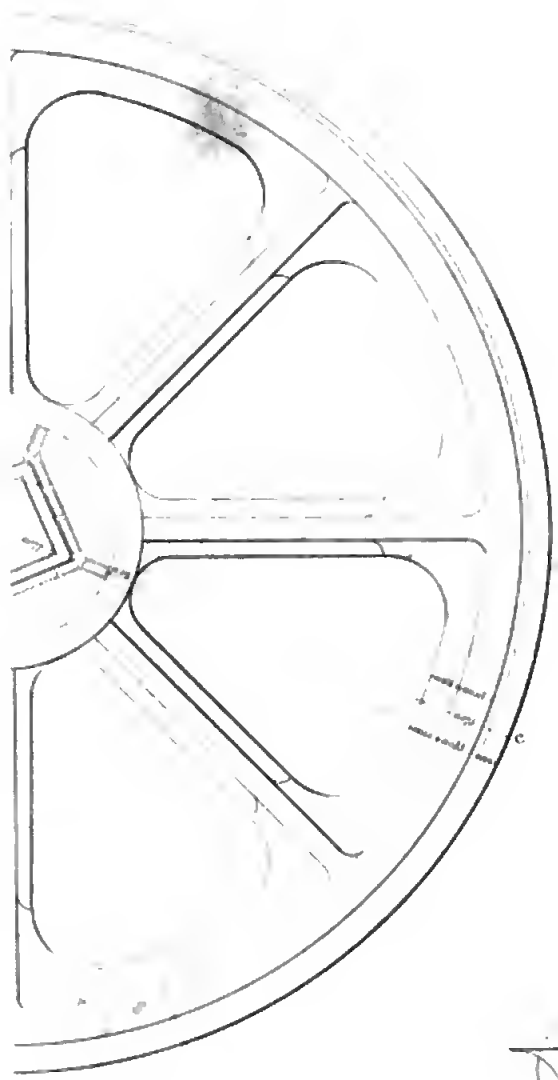


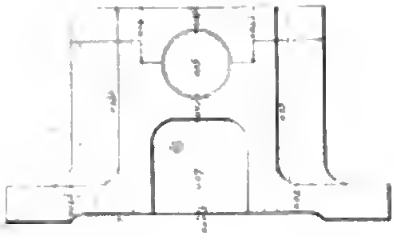


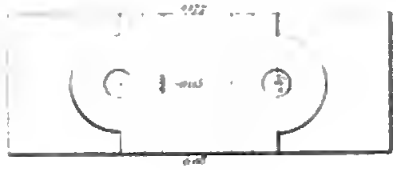




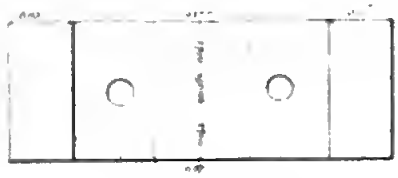
Digitized by Google

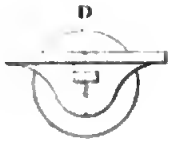


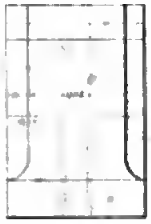


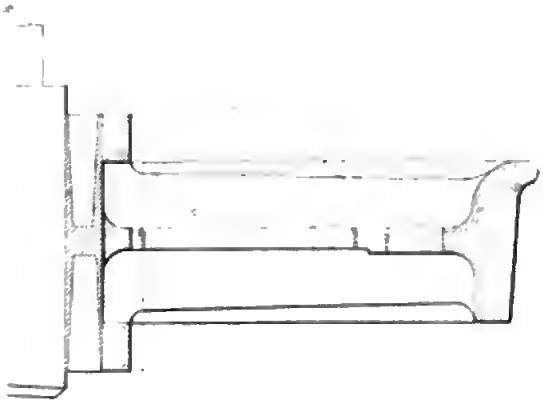


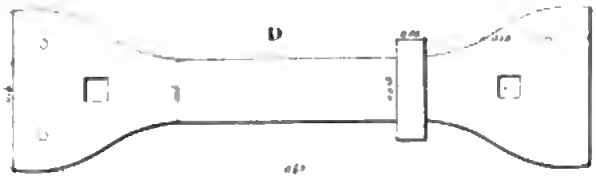
C







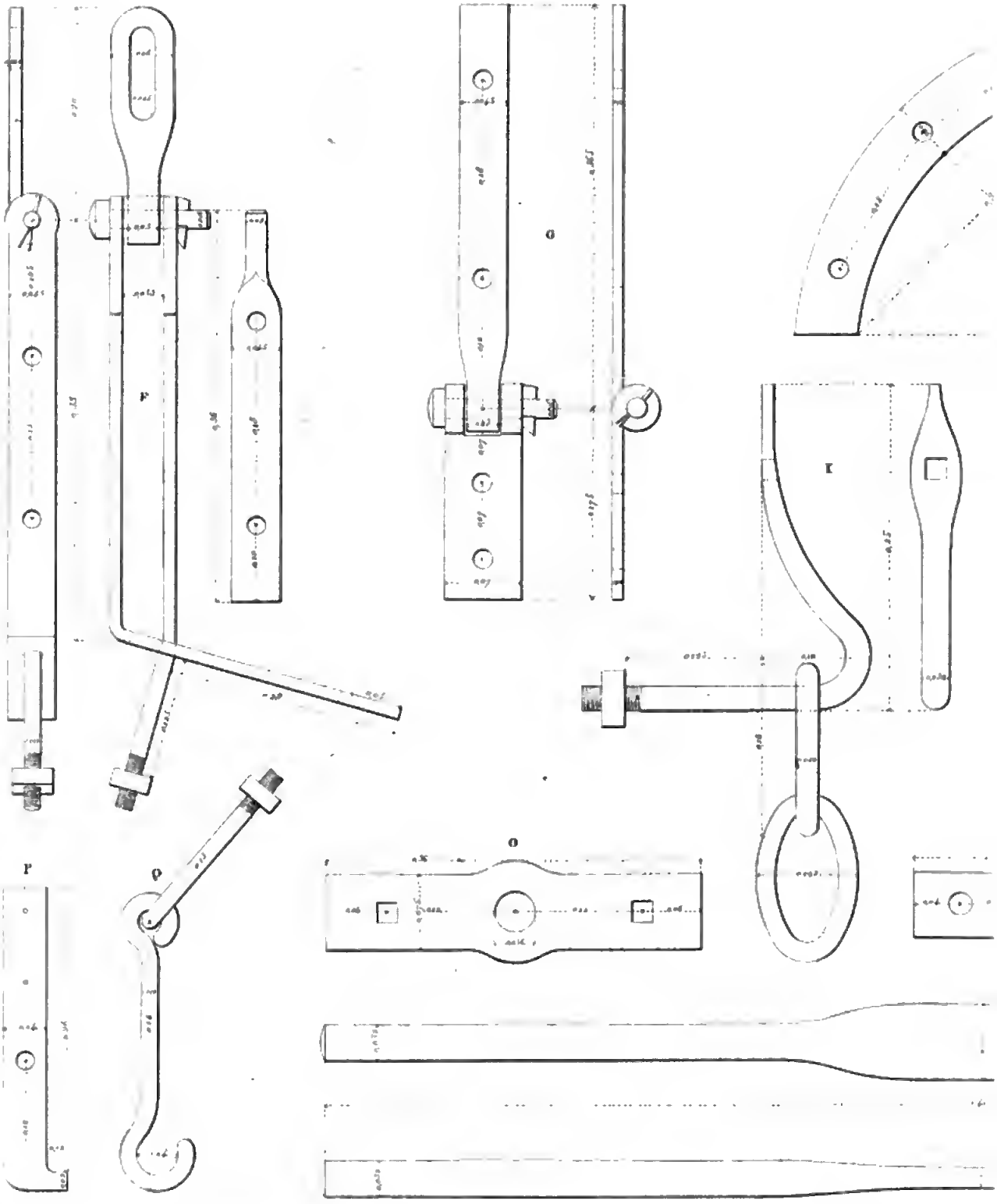




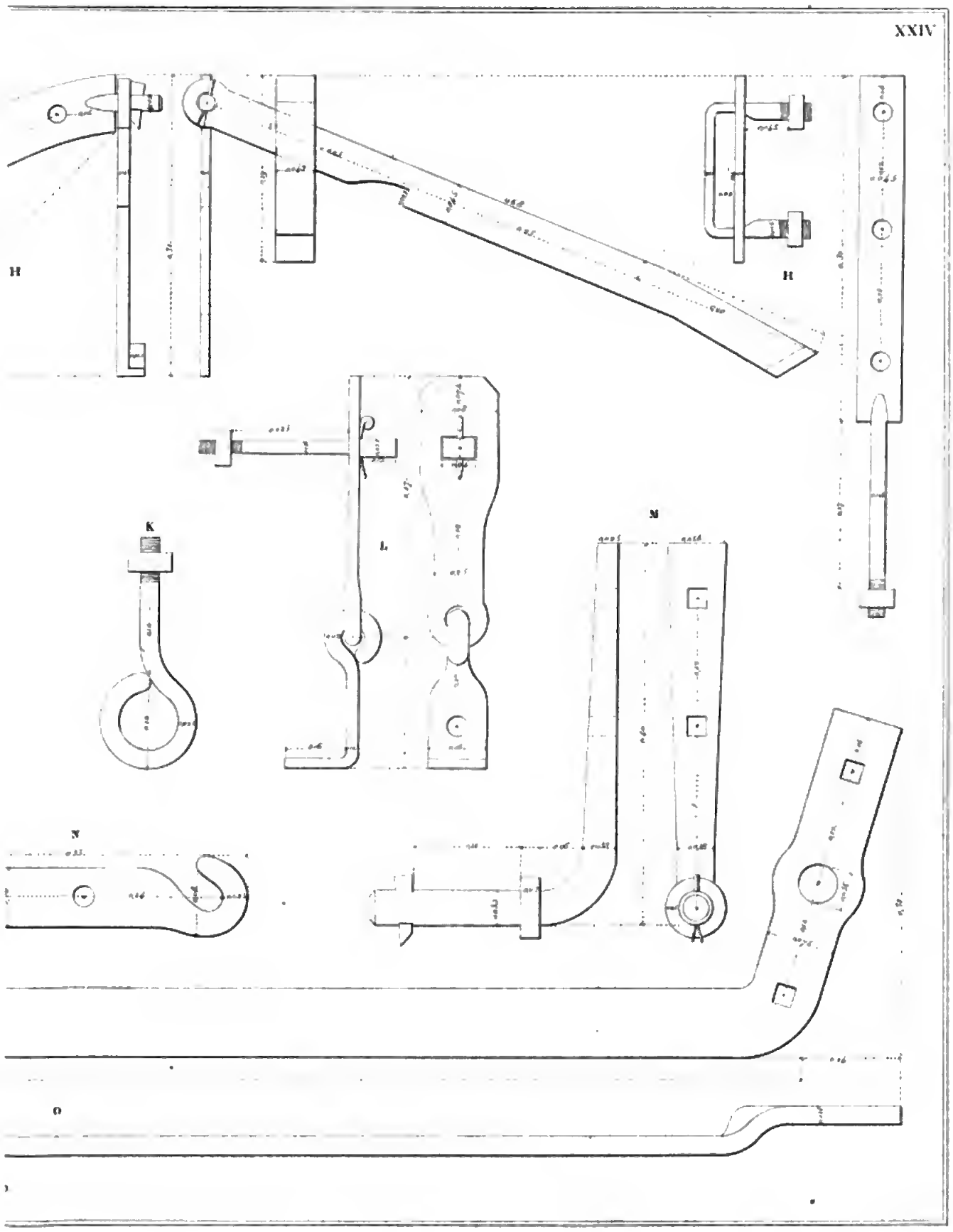
100.

Digitized by Google

Digitized by Google



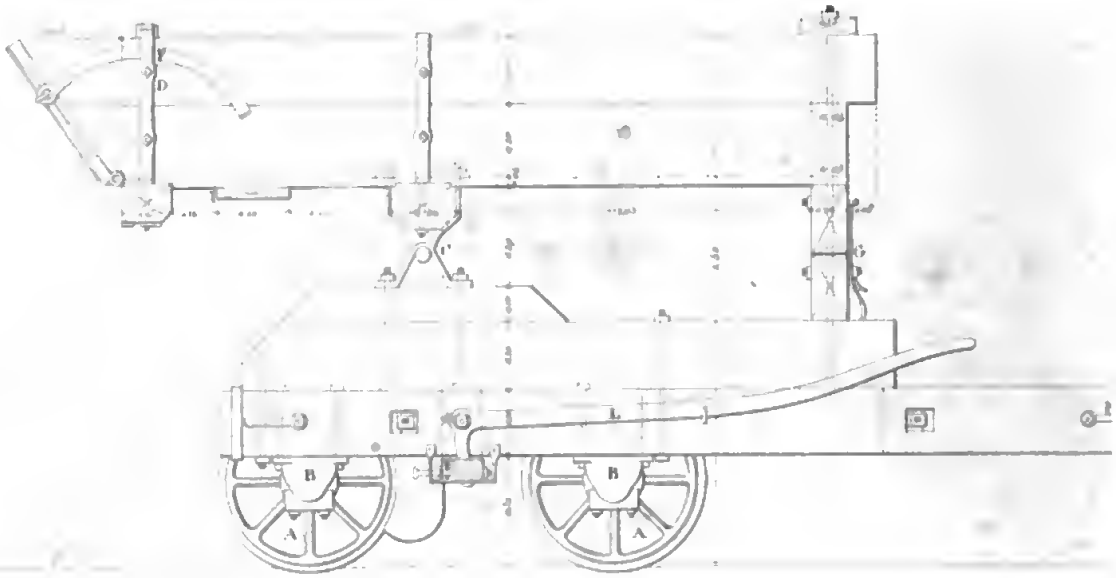
Digitized by Google

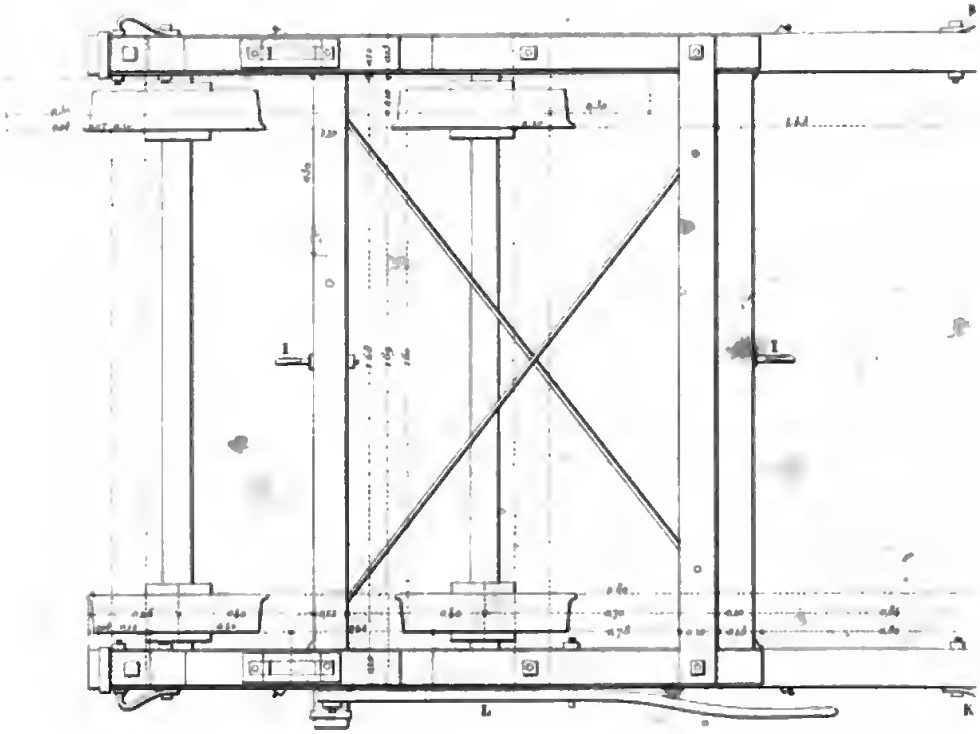


Digitized by Google

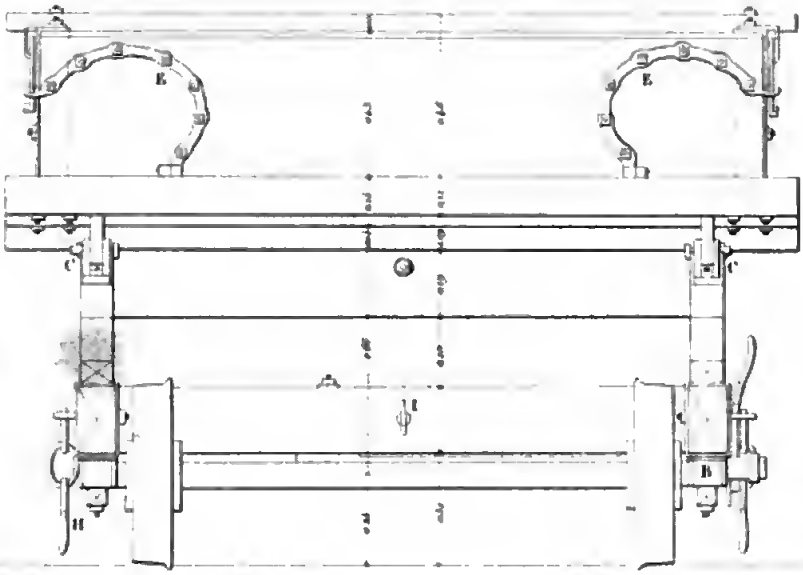
Digitized by Google

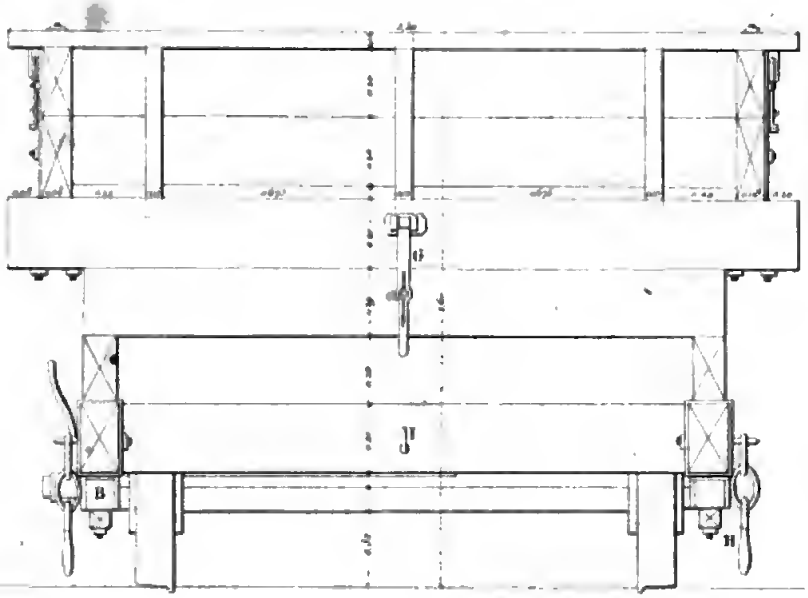
Digitized by Google





Digitized by Google

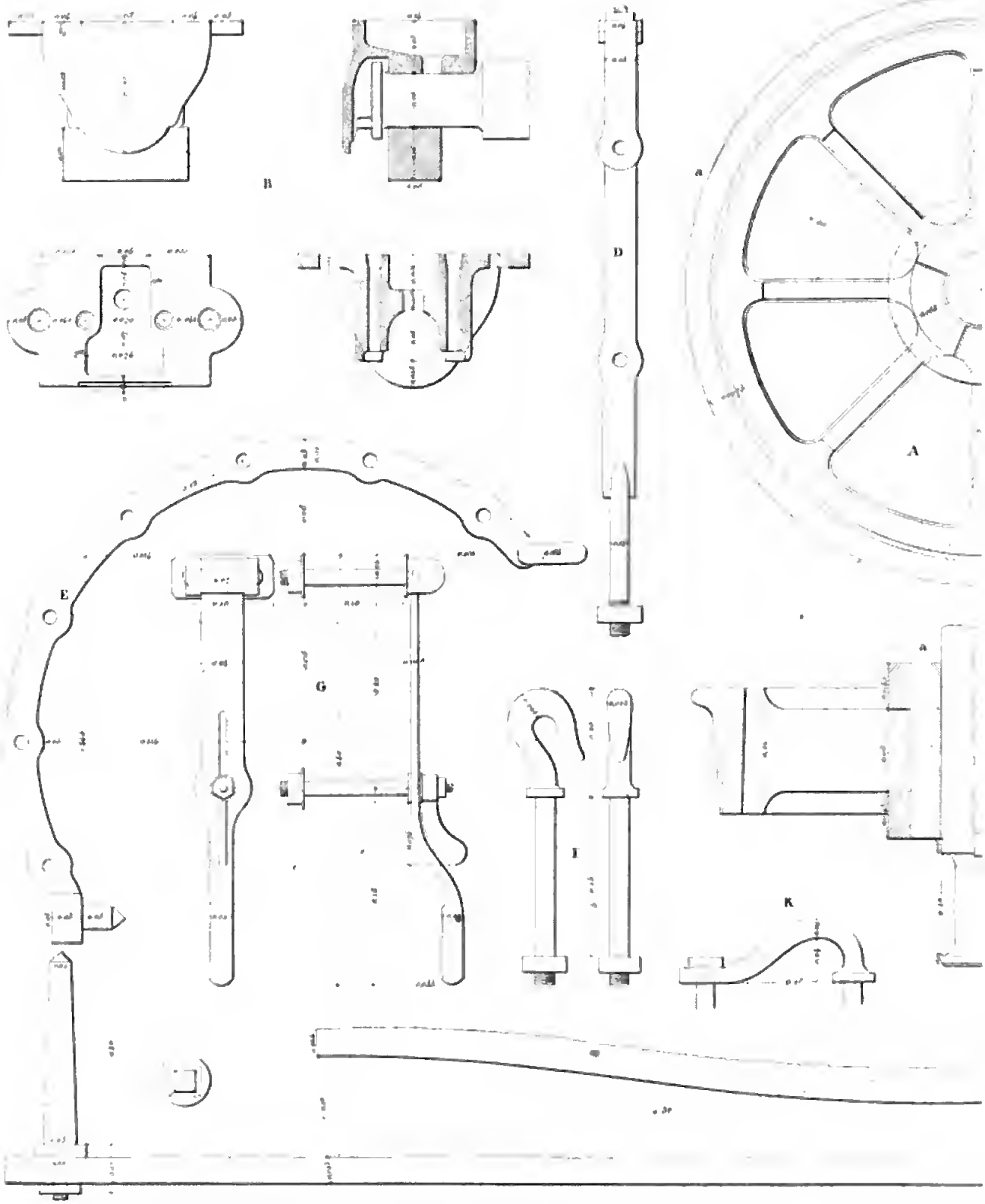




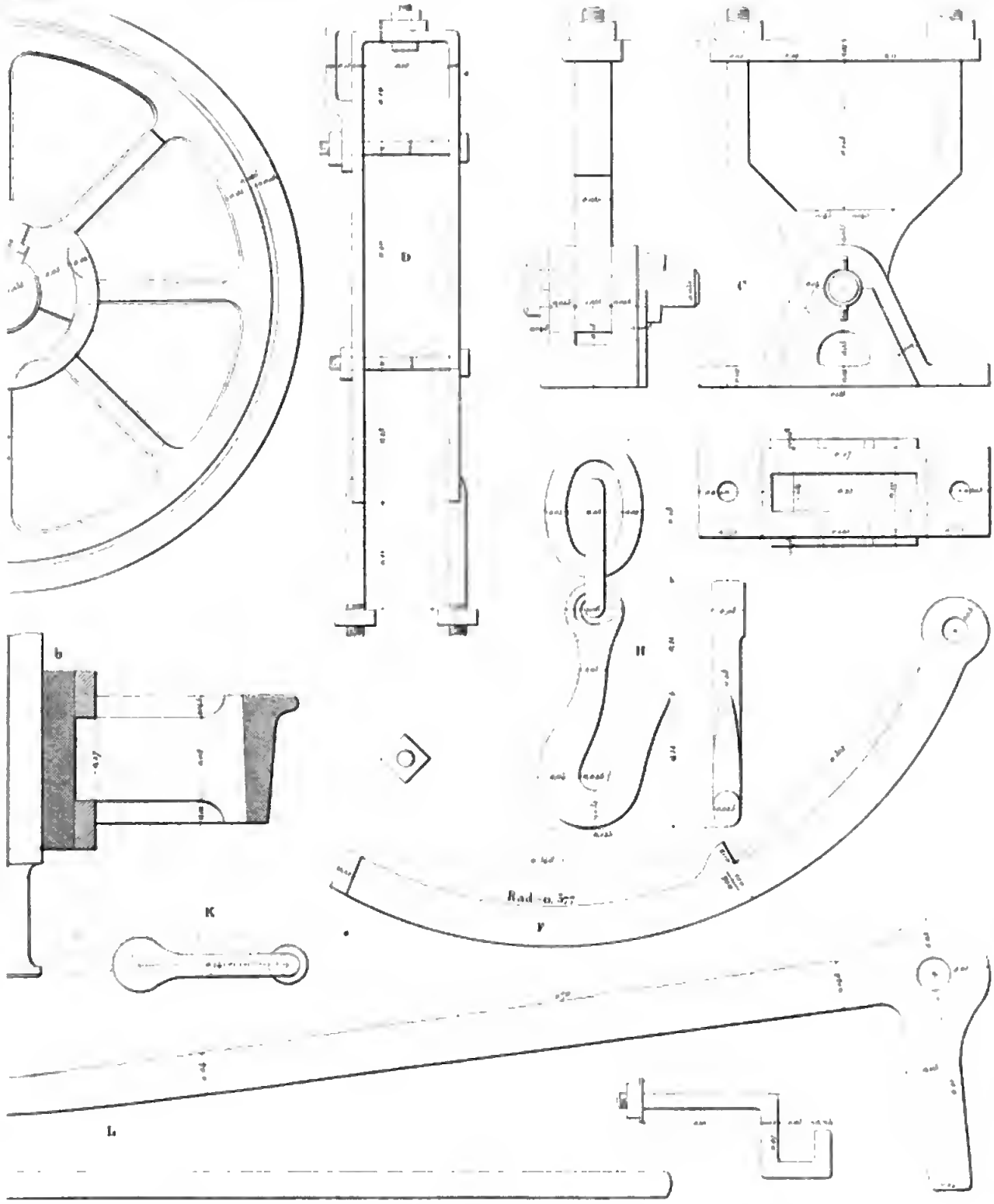
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google